



**Luís Pedro
Gomes do Amaral**

**Gestão da sustentabilidade nas organizações: uma
nova metodologia**



**Luís Pedro
Gomes do Amaral**

**Gestão da sustentabilidade nas organizações: uma
nova metodologia**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Joaquim José Borges Gouveia, Professor Catedrático do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro e do Doutor Nelson Amadeu Dias Martins, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

o júri

presidente

Prof. Doutora Maria Herminia Deulonder Correia Amado Laurel
Professora Catedrática da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António Manuel de Oliveira Gomes Martins
Professor Catedrático da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Carlos Augusto Santos Silva
Professor Associado Convidado do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Prof. Doutora Nídia de Sá Caetano
Professora Coordenadora do Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto

Prof. Doutor José Rui Pinto Ferreira
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor Joaquim José Borges Gouveia
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Nelson Amadeu Dias Martins
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostaria de deixar o meu agradecimento aos Professores Doutores Joaquim Borges Gouveia e Nelson Martins pela motivação, orientação e pelo inestimável apoio ao longo destes anos. Foi um privilégio trabalhar com os dois.

Manifesto ainda a minha gratidão para todos aqueles que permitiram, de uma maneira mais ou menos direta, o desenvolvimento desta tese. Não posso esquecer os colegas com quem, durante períodos de tempo mais ou menos prolongado, partilhei o espaço de trabalho (Pedro, António, Bruno, Rui, Luís, Marco, Paula e Diogo). Deixo uma palavra especial para a “família” do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro que me adotou e acolheu com sendo um deles.

Deixo também uma palavra de consideração para com a Universidade de Aveiro enquanto instituição. Foi a sua determinação em participar ativamente na construção de um futuro mais sustentável que permitiu, acima de tudo o resto, a realização deste trabalho.

Por último, e mais importante, tenho que agradecer aos meus pais e à Ana Carina. Por tudo.

palavras-chave

Energia, Gestão Estratégica e Operacional, Sistemas de gestão, Sustentabilidade

O presente trabalho pretende auxiliar o processo de consolidação do conceito de sustentabilidade no seio das organizações. Partindo de ferramentas de gestão e avaliação já existentes, esta tese sugere a sua integração numa única metodologia, ultrapassando desse modo as limitações e potenciando as suas capacidades enquanto ferramentas isoladas. O modelo proposto para o Sistema de Gestão da Sustentabilidade (SGS) integra assim: o conceito de melhoria contínua característico dos sistemas de gestão normalizados; a capacidade de tradução da perspetiva estratégica da gestão para o plano operacional, característica do *Business Scorecard* (BSC); e, por fim, a avaliação emergética é ainda utilizada como uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade de sistemas. Um objetivo secundário desta tese prende-se com o desenvolvimento de um procedimento para a realização da análise emergética de um sistema. Depois de analisada a literatura referente à utilização da análise emergética, identificou-se como necessária a definição de um procedimento normalizado, adotando um conjunto de tarefas e um formato de apresentação de resultados que permita disseminar o conceito e tornar a ferramenta mais “utilizável”. Por outro lado, procurou-se dotar o procedimento com um conjunto de indicações que permitem ultrapassar limitações e inconvenientes apontados pelos críticos mas também utilizadores do método, nomeadamente: problemas de dupla contagem, cálculo da incerteza da análise e critérios de qualidade da informação utilizada.

O modelo dos sistemas de gestão normalizados apresenta um papel central na metodologia proposta. O conceito de “melhoria contínua” afigura-se como fundamental num sistema que pretende implementar o conceito “desenvolvimento sustentável” e avaliar o seu desempenho à luz do mesmo. Assim, o ciclo *Plan-Do-check-Act* (PDCA) deve ser utilizado para implementar o SGS de acordo com uma Política para a Sustentabilidade que a organização deve desenvolver. Definida a Política, o modelo baseia-se então no ciclo PDCA: fase de planeamento; fase de implementação; fase de verificação; e fase de revisão. É na fase de planeamento do SGS que se sugere a introdução das outras duas ferramentas: a análise emergética (AEm) e o BSC.

A fase de planeamento do modelo de SGS proposto neste trabalho foi aplicada à Universidade de Aveiro (UA), incluindo a definição de uma Política para a Sustentabilidade e o planeamento estratégico e operacional. A avaliação emergética à UA foi realizada recorrendo ao procedimento desenvolvido nesta tese e permitiu caracterizar e avaliar os fluxos de recursos que a “alimentam” sob uma só unidade, atribuindo deste modo graus de importância aos diferentes recursos utilizados. A informação representa 96% do total de recursos utilizados na UA, quando avaliados sob o ponto de vista emergético. Para além da informação, os fluxos financeiros representam a maior fatia do orçamento emergético da UA, grande parte dos quais serve para sustentar os serviços prestados pelo corpo docente da UA. Analisando valores históricos de 3 indicadores de desempenho emergético, observa-se que a UA não regista uma evolução positiva em nenhum dos indicadores: a energia utilizada nos edifícios tem-se mantido mais ou menos constante; a retribuição emergética da UA para a sociedade, avaliada sobre a forma de diplomados, tem diminuído; e a relação emergética entre professores e alunos tem também diminuído, facto que pode refletir-se na qualidade dos “produtos” da UA.

Da aplicação do SGS à UA regista-se: a adequabilidade do ciclo *PDCA* à implementação de um SGS; a capacidade da AEm “obrigar” a organização a adotar uma abordagem sistémica da sua atividade, resultando numa visão mais aprofundada da sua relação com o contexto ambiental, económico e social em que se insere; a importância da visão estratégica e da sua tradução em termos operacionais na fase de planeamento de um SGS; e, por fim, a capacidade de adaptação e dupla funcionalidade (implementação e avaliação) do modelo de SGS proposto. A metodologia de SGS proposta nesta tese, sendo direcionada para todo o tipo de organizações, não se desvirtua quando aplicada ao contexto específico das instituições de ensino superior e permite implementar e avaliar o conceito “desenvolvimento sustentável” nas quatro dimensões da universidade (Educação, Investigação, Operação; Relação com as partes interessadas).

keywords

Sustainability, Management systems, Emergy, Strategic and operational management.

abstract

This thesis intends to help consolidating “sustainable development” as a concept within organizations. Using management and assessment tools already in use at different situations it is suggested to combine them in a single methodology. By doing so it is possible to overcome their limitations and to enhance their advantages as isolated tools. The Sustainability Management System (SMS) proposed in this thesis includes: the continual improvement characteristic of standardized management systems; the Business Scorecard (BSC) ability to translate the management strategic perspective to the operational level; and, at last, the emergy analysis as sustainability assessment tool. A secondary goal of this thesis regards the development of a standard procedure to execute emergy analysis of a system. From the literature review it was identified the need for a standard emergy analysis procedure that enabled easier results interpretation and comparison. By doing so it is intended to make the tool more usable and to spread emergy as a concept. The intention was also to provide the procedure with a set of features that allow overcoming limitations and drawbacks pointed out by emergy theory users and critics including: double counting, uncertainty analysis and quality criteria of this information.

Standard management system's model plays a central role at the proposed methodology. Continual improvement is considered to be fundamental in a system that aims to implement the concept of "sustainable development" and evaluate their performance in this regard. Thus, the Plan-Do-Check-Act cycle (PDCA) should be used to implement the SMS in accordance with a Sustainability Policy. The SMS model is then based on the PDCA cycle: planning phase, implementation phase, verification phase, and revision phase. At the planning phase it is suggested to use the two other tools: Emergy Analysis and BSC.

The planning phase of the SMS model proposed in this paper was applied to the University of Aveiro (UA), including the Sustainability Policy definition and strategic and operational planning. Emergy Analysis of the university was performed using the standard procedure developed in this thesis for that purpose. It allowed characterizing and evaluating UA's resource flows under a single measurement unit, and thereby assigning degrees of importance to different resources used. When assessed from an emergy point of view, information represents 96% of total resources used at UA. Beside information, financial flows represent the largest share of UA's emergy budget, much of it used to support the services provided by the faculty. When analyzing historical values it is observed that the university doesn't show a positive development in none of three emergy performance indicators: emergy used in buildings has remained more or less constant; university's emergy retribution to society, evaluated in the form of graduates, has declined; and the emergy relationship between teachers and students has also decreased, which might be reflected in the “quality” of the graduates.

From the SMS application to University of Aveiro important remarks can be made: the suitability of the PDCA cycle to implement a safety management system; the emergy analysis ability to compel the organization to adopt a systemic approach of their activity, resulting in a broader view of its relationship with the environmental, economic and social context in which it operates; the importance of strategic vision and its translation into operational terms at the planning phase of a SMS; and, finally, the adaptability and dual functionality (implementation and evaluation) of the proposed SMS methodology. While the SMS intended to be a general tool suitable to all kind of organization, it was also a goal of this thesis to develop a tool that wouldn't be distorted when applied to the very specific context of universities. The case study showed that new methodology proposed allows implementing and evaluating the concept of "sustainable development" within university's four dimensions of the (Education, Research, Operation, and Relationship with stakeholders).

ÍNDICE

Índice.....	i
Índice de Figuras.....	v
Índice de Tabelas	vii
Abreviaturas e Nomenclatura	viii
Capítulo I - Introdução	1
I.1 Enquadramento do Problema.....	1
I.1.1 Limitação de Recursos	2
I.1.2 Problemas Ambientais.....	5
I.1.3 Desigualdade Social	6
I.1.4 O Desenvolvimento Sustentável e as Universidades.....	8
I.2 Formulação do Problema	10
I.3 Objetivos e contribuição esperada da tese	11
I.4 Metodologia.....	12
I.5 Estrutura da Tese	13
Capítulo II – Revisão Bibliográfica.....	15
II.1 O caminho para a sustentabilidade em Instituições de Ensino Superior	15
II.1.1 Ferramentas Operacionais	17
II.1.2 Ferramentas de Gestão.....	19
II.2 Avaliação da Sustentabilidade	24
II.2.1 A análise Emergética como ferramenta de avaliação da sustentabilidade	24
II.2.2 A avaliação da sustentabilidade em IES	30
II.3 Discussão do Estado da Arte.....	34
Capítulo III – Ferramentas de apoio à gestão das organizações	37
III.1. Sistemas de Gestão Normalizados	37
III.1.1 Melhoria Contínua	42
III.1.2 Compatibilidade e Integração	44
III.2. Gestão Operacional Vs Gestão Estratégica: O <i>Balanced Scorecard</i>	46
III.2.1 O BSC como ferramenta de avaliação.....	46
III.2.2 O BSC como ferramenta de gestão.....	47
III.2.3 O BSC nas organizações públicas/sem fins lucrativos.....	48
III.2.3.1 Adaptação do BSC ao setor público	48

III.2.3.2	BSC nas Universidades	51
III.2.4	O BSC e o desenvolvimento sustentável.....	52
III.2.4.1	Integrar aspetos ambientais e sociais no BSC	53
III.2.4.2	Scorecard temático	55
III.3.	Energia.....	58
III.3.1	Energia, Exergia e Emergia	58
III.3.2	Escalas e Diagramas de sistemas.....	61
III.3.3	Princípio de Maximum Empower	63
III.3.4	Transformidades e Orçamento Emergético de Referência	63
III.3.5	Economia e Emergia	65
III.3.6	Índices de produção e diagramas de 3 braços	67
III.3.7	Álgebra Emergética.....	68
III.3.8	Procedimento para a avaliação emergética.....	72
III.3.9	Informação e serviços: a sua avaliação	75
III.3.10	A emergia nas Universidades	76
III.3.11	A análise de incerteza na AEm	77
III.4.	Síntese do Capítulo.....	81
Capítulo IV – A gestão e avaliação da sustentabilidade das organizações: uma nova metodologia		87
IV.1	Sistema de Gestão da Sustentabilidade	87
IV.1.1	Definição da Política para a Sustentabilidade	88
IV.1.2	Planeamento	89
IV.1.2.1	Análise Emergética da Organização	89
IV.1.2.2	Definição da Estratégia.....	90
IV.1.2.3	Mapa Estratégico	91
IV.1.2.4	Definição de Indicadores de Desempenho, Metas e Iniciativas	93
IV.1.3	Implementação e operação	95
IV.1.3.1	Recursos, atribuições, responsabilidades e autoridade	95
IV.1.3.2	Competência, formação e sensibilização	95
IV.1.3.3	Comunicação	96
IV.1.3.4	Documentação.....	96
IV.1.4	Verificação.....	97
IV.1.4.1	Monitorização, medição e análise	97
IV.1.4.2	Controlo de registos.....	97

IV.1.4.3	Auditoria interna.....	97
IV.1.5	Revisão pela direção	98
IV.2	Procedimento para uma Análise Emergética de um Sistema.....	99
IV.2.1	Termos e definições.....	101
IV.2.2	Definição de objetivo e âmbito	101
IV.2.3	Análise de Inventário	102
IV.2.3.1	Diagrama do sistema.....	102
IV.2.3.2	Tabela Emergética.....	103
IV.2.3.3	Recolha de dados	104
IV.2.3.4	Álgebra emergética e Alocação	105
IV.2.3.5	Análise de Incerteza	106
IV.2.4	Índices de avaliação e Interpretação de resultados	109
IV.3	Síntese do Capítulo.....	111
Capítulo V – Gestão e avaliação da sustentabilidade da Universidade de Aveiro: aplicação de uma nova metodologia.....		113
V.1	Planeamento do Sistema de Gestão da Sustentabilidade.....	113
V.1.1	Análise Emergética da Universidade de Aveiro.....	114
V.1.1.1	Definição de Objetivo e âmbito	114
V.1.1.2	Diagrama do Sistema	115
V.1.1.3	Recolha de Dados e construção da tabela emergética	116
V.1.1.4	Álgebra emergética e alocação	122
V.1.1.5	Análise de Incerteza	123
V.1.1.6	Índices de Avaliação e Interpretação de Resultados	124
V.1.2	Definição da Estratégia e Mapa Estratégico.....	129
V.1.3	Definição de Indicadores de Desempenho	131
V.2	Síntese do Capítulo.....	139
Capítulo VI – Conclusões e Trabalhos Futuros		143
VI.1.	Síntese do trabalho desenvolvido.....	143
VI.2.	Principais Conclusões	146
VI.3.	Limitações e Trabalho Futuro	148
Bibliografia		149
ANEXO I. Política para a Sustentabilidade.....		167
ANEXO II. Cálculo dos fluxos da Universidade de Aveiro		171

ANEXO III. Análise Emergética de Portugal	177
1. Definição de Objetivo e âmbito.....	177
2. Diagrama do Sistema e Recolha de Dados – Portugal.....	177
3. Análise de Incerteza.....	178
4. Índices de Avaliação e Interpretação de Resultados	179
ANEXO IV. Cálculo dos fluxos de Portugal.....	185
ANEXO V. Catálogo de Indicadores de Desempenho	195
ANEXO VI. Gramática Emergética.....	205
ANEXO VII. Lista de Transformidades utilizadas nos cálculos	207

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1. Modelo de gestão da sustentabilidade em IES proposto por Velazquez et al. (2006) ...	22
Figura II-2. Modelo para a gestão da sustentabilidade em IES proposto por Alshuwaikhat E ABUBAKAR (2008).....	23
Figura III - 1. Representação do Ciclo de Demming	43
Figura III - 2. Os dois ciclos de melhoria continua: tática e estratégica – adaptado de (BROUWER e VAN KOPPEN, 2008).....	44
Figura III - 3. Relação conceptual entre as diferentes perspetivas do Balanced Scorecard (esq) e estrutura do BSC para uma perspetiva (drt) – adaptado de (KAPLAN e NORTON, 1996)	46
Figura III - 4. Exemplo da estrutura de um mapa estratégico.	48
Figura III - 5. Estrutura do BSC para organizações do setor público, adaptado de (LÓPEZ e SALAS, 2005).	49
Figura III - 6. Estrutura do BSC para organizações do setor público, adaptado de (NIVEN, 2003). ...	50
Figura III - 7. Estrutura do BSC para organizações do setor público, adaptado de (KAPLAN, 2001). ...	50
Figura III - 8. Metodologia para formulação de um SBSC, adaptado de (FIGGE <i>et al.</i> , 2002)	53
Figura III - 9. Exemplo de um SBSC (HUBBARD, 2009).	54
Figura III - 10. Estrutura do SIGMA Sustainability Scorecard, adaptado de (BSI <i>et al.</i> , 2001)	56
Figura III - 11. Produção Ambiental e armazenamento de riqueza real.	59
Figura III - 12. Tempo de vida Vs Território de influência de diferentes sistemas	62
Figura III - 13. Exemplo de cálculo da transformidade – adaptado de (ODUM, 1996)	64
Figura III - 14. Representação da interface Ambiente-Economia no sistema global.....	65
Figura III - 15. Diagrama do sistema responsável pela produção de camarão.....	67
Figura III - 16. Diagrama de 3 braços que sintetiza o sistema de produção de camarão	67
Figura III - 17. Fluxos de energia - frações e coprodutos.	71
Figura III - 18. Diagrama da produção de pinhos e respetiva simplificação – adaptado de (ODUM, 1996).	74
Figura III - 19. Transformidades de seis níveis de educação – adaptado de (ODUM, 1996).	76
Figura III - 20. Diagrama que representa o papel da universidade no sistema global.....	77
Figura IV - 1. Estrutura do modelo proposto para a gestão da sustentabilidade em organizações.	88
Figura IV - 2. Fases do planeamento do SGS de uma organização, com o Mapa Estratégico a funcionar como “ponte” entre o planeamento estratégico e o tático.	90
Figura IV - 3. Perspetivas de um SBSC – adaptado de (BSI <i>et al.</i> , 2001)	92
Figura IV - 4. Exemplo de um Mapa Estratégico com as perspetivas de um SBSC.	92
Figura IV - 5. Exemplar de um Catálogo de Indicadores de Desempenho	94
Figura IV - 6. Fluxograma que condensa o procedimento a adotar na análise emergética de sistemas.....	100
Figura IV - 7. Fluxograma para a adoção do método de cálculo da incerteza em função do tipo de informação disponível.....	107
Figura IV - 8. Diagrama simplificado de um sistema.....	109

Figura V - 1. Estrutura do modelo proposto no Capítulo IV, com realce para a fase descrita neste Capítulo V.	113
Figura V - 2. Vista aérea do Campus Universitário de Santiago	115
Figura V - 3. Diagrama de energia da Universidade de Aveiro.....	116
Figura V - 4. Fluxograma que condensa o procedimento a adotar na análise emergética de sistemas.....	120
Figura V - 5. Fluxograma para a adoção do método de cálculo da incerteza em função do tipo de informação disponível.....	123
Figura V - 6. Valor da contribuição dos diferentes fluxos de energia, excluindo fluxos de informação, na UA.	125
Figura V - 7. Ilustração das partes interessadas na atividade da Universidade de Aveiro.....	129
Figura V - 8. Mapa Estratégico da Universidade de Aveiro para a implementação de uma Política para a Sustentabilidade	133
Figura V - 9. Consumo de recursos energéticos na UA (2006-2010)	135
Figura V - 10. Orçamento total da UA e fração proveniente do Orçamento de Estado (2006-2010)	136
Figura V - 11. Taxa de desemprego dos diplomados na ua e número de publicações (2008-2010).	136
Figura V - 12. Energia Nos edifícios (2006-2010).....	137
Figura V - 13. Taxa de contribuição Emergética do estado e da economia na UA (2006-2010).	138
Figura V - 14. Relação Emergética entre docentes e alunos Na UA (2006-2010).....	138
 Figura AIII - 1. Diagrama de energia típico de um país (BROWN <i>et al.</i> , 2009).	 177

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela III - 1. Estrutura da Tabela Emergética proposta por (ODUM, 1996)	73
Tabela III - 2. Exemplos de indicadores de avaliação – adaptado de (ODUM, 1996).	74
Tabela III - 3. Métodos estatísticos utilizados para alaviar a incerteza na análise emergética.....	80
Tabela IV - 1. Estrutura da Tabela Emergética	103
Tabela V - 1. Fatores de conversão utilizados para normalizar as Transformidades de acordo com o orçamento de energia da geo/biosfera de 15,E24 sej/ano.....	118
Tabela V - 2. Principais fluxos de energia da Universidade de Aveiro no ano 2010.....	121
Tabela V - 3. Fração dos fluxos totais de energia da ua utilizados para cada produto do sistema.	127
Tabela V - 4. Análise SWOT à implementação de uma Política para a Sustentabilidade na UA. ...	130
Tabela V - 5. Prioridades estratégicas para a implementação de uma Política para a Sustentabilidade na UA.	130
Tabela V - 6. Conjunto de indicadores utilizados para avaliar o desempenho da Universidade de Aveiro	132
Tabela V - 7. Resumo dos objetivos estratégicos, indicadores de desempenho e respetivos valores no ano 2010.....	134
Tabela AIII - 1. Principais fluxos de energia na economia portuguesa	181
Tabela AIII - 2. Principais Índices emergéticos na economia portuguesa	181
Tabela AIII - 3. Fluxos de Energia da economia portuguesa no ano 2007.	182
Tabela AIII - 4. Fluxos de Energia da economia portuguesa no ano 2007 (continuação).	183

ABREVIATURAS E NOMENCLATURA

AASHE – *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education*

ACU – *Association of Commonwealth Universities*

ACV – Análise de ciclo de vida

AE – Análise Exergética

AEm – Análise Emergética

BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

BSC – *Balanced Scorecard*

CASF – *Campus Sustainability Assessment Framework*

CSMS – *Corporate Sustainability Management System*

EBS – *Environmentally Balanced Scorecard*

EER – Rácio de troca de energia

EIR – Rácio de investimento emergético

ELR – Rácio de carga ambiental

Em – Energia

EMAS – *Eco-Management and Audit Scheme*

EmSI – Índice de Sustentabilidade Emergética

EUA – Estados Unidos da América

EYR – Rácio de rentabilidade emergética

GRI – *Global Report Initiative*

HEEPI – Higher Education Environmental Performance Improvement

IIED – *International Institute for Environment and Development*

IES – Instituições de Ensino Superior

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

ISCN – *International Sustainable Campus Initiative*

ISO – *International Standard Organization*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PME – Pequenas e médias empresas

SBSC – *Sustainability Balanced Scorecard*

Sej – *Solar emjoule*

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

SGS – Sistema de gestão da sustentabilidade

STARS – *Sustainability Tracking, Assessment and Rating System*

SWOT – *Strenghts, weaknesses, opportunities, threats*

Tr, τ – Transformidade

UA – Universidade de Aveiro

WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Neste primeiro Capítulo pretende-se contextualizar o trabalho desenvolvido nesta tese. As questões ambientais, económicas e sociais criadas pelo atual paradigma de desenvolvimento da sociedade, assente numa lógica de consumo descontrolado de recursos, são abordadas nos primeiros pontos deste capítulo. O papel das universidades na hipotética adoção do conceito de desenvolvimento sustentável pela sociedade é também referido.

Ainda neste Capítulo se apresenta a formulação do problema que esta tese pretende resolver, os objetivos e contribuições da tese e a metodologia utilizada para responder ao problema formulado.

I.1 ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA

Nunca a civilização conheceu um progresso tão relevante como nos últimos 150 anos. A receita para este incrível desenvolvimento humano contém um ingrediente fundamental: os combustíveis fósseis. A revolução industrial do Século XIX representa um marco na história da humanidade porque revolucionou a interação do homem com a energia. O trabalho até então realizado pelo homem ou por animais passou a ser realizado por máquinas movidas pela energia disponibilizada pela natureza: primeiro o carvão, depois o petróleo, e por fim também o gás natural. A queima destes combustíveis permitiu transformar a energia química neles contida em energia elétrica, térmica ou mecânica, disponibilizando-a de forma controlada com uma intensidade com uma intensidade nunca antes experimentada.

Dados históricos revelam uma forte relação entre o acesso a fontes de energia e a atividade económica (KALOGIROU, 2004). A facilidade no acesso e transformação da energia permitiu um progresso avassalador, aumentando exponencialmente a capacidade de produção de bens com o consequente aumento do bem-estar das populações. O planeta ficou mais pequeno com a construção de estradas, ferrovias, portos, aeroportos, fábricas. E mais rico: na altura da revolução industrial o produto bruto mundial *per capita* anual era de algumas dezenas de dólares; atualmente ronda os \$7,000 (VEZIROGLU e SAHIN, 2008). No entanto, este modelo de desenvolvimento económico apresenta três grandes problemas:

- **A limitação de recursos.** Ainda que este problema não se coloque apenas aos recursos energéticos, são estes os que apresentam a maior relevância para o desenvolvimento das sociedades, não só pelo sua importância intrínseca mas também porque é a energia que permite a extração e utilização dos outros

recursos. Se no início as reservas de combustíveis fósseis pareciam infinitas, conduzindo a um consumo desenfreado dos mesmos, hoje vemos o seu esgotamento como um destino certo a curto/médio prazo (ASIF e MUNEER, 2007, SALAMEH, 2003, SEIFRITZ, 2003, SHAFIEE e TOPAL, 2009, SORRELL *et al.*, 2012).

- **As questões ambientais.** Uma economia que assenta o seu modelo de desenvolvimento na combustão de combustíveis fósseis causa problemas ambientais globais. Para além da poluição atmosférica causada diretamente pela queima de combustíveis (IPCC. e TATA ENERGY RESEARCH INSTITUTE., 2009), o atual modelo de desenvolvimento económico introduz pressões ambientais em todos os ecossistemas (CAVIGLIA-HARRIS *et al.*, 2009, JHA e MURTHY, 2003, MUNASINGHE, 1999, STERN, 2004, STERN *et al.*, 1996).
- **A desigualdade social.** Ainda que os números mostrem uma evolução na riqueza produzida em termos globais, a verdade é que o modelo de desenvolvimento atual conduziu a uma grande desigualdade na distribuição da riqueza. Em 2008, cerca de 2470 milhões de pessoas viviam com menos de \$2 por dia, representando 43% da população total (CHEN e RAVALLION, 2012).

I.1.1 LIMITAÇÃO DE RECURSOS

Se, por um lado, o crescimento económico proporciona e aumenta o bem-estar das populações, por outro, contribui para a depleção dos recursos naturais do planeta. O consumo de combustíveis fósseis, por exemplo, permitiu o desenvolvimento económico mundial e a melhoria das condições de vida das comunidades, resultando num aumento contínuo da população mundial, e que por sua vez aumenta a procura dos combustíveis. A população mundial passou de 2500 milhões de habitantes no ano 1950 para mais de 6500 milhões em 2005. A Organização das Nações Unidas apontou quatro cenários para a evolução da população mundial até ao ano 2050, sendo que o cenário mais otimista aponta para os 8000 milhões e o cenário que prevê uma maior evolução aponta 11000 milhões de habitantes no ano 2050 (UNITED NATIONS., 2004). Está assim instalado um ciclo agravado pela crescente necessidade de energia, mais precisamente nos países em vias de desenvolvimento.

Um recurso é considerado limitativo quando a sua disponibilidade afeta o nível de equilíbrio populacional (STENSETH, 2002). Discute-se há largos anos sobre se a limitação dos recursos disponíveis poderá restringir o crescimento económico, limitando assim a nossa existência no planeta. Esta incerteza resultou na polarização da discussão (CHENOWETH e FEITELSON, 2005): de um lado os que acreditam que existem limites ecológicos, uma capacidade limitada dos recursos do planeta e que iremos, mais cedo ou mais tarde exceder esses limites e sofrer de um colapso civilizacional – os *Neo-*

Malthusianos; do outro lado os que defendem que o problema da disponibilidade de recursos não se coloca, uma vez que o ser humano tem a capacidade de adaptação e inovação que facilmente ultrapassa a possível escassez de recursos – os *Cornucopianos*.

A ameaça da população sobre os recursos do planeta ganha forma durante o século XVIII. Em 1798, Thomas Robert Malthus publica o *“Essay on the Principle of Population”* (MALTHUS, 1976) e lança um dramático sinal à sociedade. A chave do ensaio de Malthus residia na chamada Lei de Malthus: o aumento da população e da produção de comida obedeciam a um modelo matemático tal que implicava um desfaseamento entre população e comida disponível, conduzindo os habitantes do planeta, inevitavelmente, à fome e pobreza (BECKER *et al.*, 2005). Malthus não considerou o poder do progresso tecnológico. Nas décadas que se seguiram à publicação da sua teoria, assistiu-se a inúmeros progressos tecnológicos, nomeadamente na atividade agrícola, que sustentaram e promoveram o aumento da população mundial: o aparecimento da maquinaria, da rotação de culturas, dos pesticidas, da irrigação, da refrigeração, do congelamento de comida, da industrialização agrícola. Markert (2005) identifica assim a *Falácia de Malthus*: a previsão de um cenário catastrófico baseando-se num fator (a população) esquecendo que outros (como o avanço tecnológico) poderiam contrabalançar o seu efeito na equação final.

Ainda assim, as ideias de Malthus viriam a ser revisitadas mais tarde. Foram reatadas com algum vigor em alguns países industrializados após a Segunda Guerra Mundial. O economista Kenneth Boulding foi um dos primeiros a sugerir a ideia de que talvez a teoria de Malthus não fosse tão disparatada como se pensava até então. No seu artigo *“The Economics of the Coming Spaceship Earth”* (BOULDING, 1966) inclui uma analogia entre os economistas e os *cowboys* do *Wild West*: ambos viam o seu mundo como um espaço cheio de recursos e oportunidades para serem explorados e aproveitadas, um mundo sem nenhuma restrição que compromettesse o crescimento. Ele realçou a limitação de recursos, e alertou que a poluição resultante do processo produtivo não deveria continuar a ser considerada uma questão de menor importância. Enquanto os economistas de então se preocupavam com o fluxo de recursos, bens e serviços, Boulding apontava para a importância dos *stocks*: de recursos naturais, alguns deles finitos; e de resíduos, alguns deles potencialmente perigosos e com um tempo de vida longo. Esta ideia de Boulding serviu de base para o desenvolvimento da visão económica da sustentabilidade. Após Boulding, a edição do relatório *“The Limits to Growth”* (MEADOWS, 1972), que abordava o problema do crescimento populacional nos chamados países do Terceiro Mundo, teve grande impacto na sociedade de então. Por essa altura expressões como explosão populacional e bomba populacional entraram no vocabulário popular (NEURATH, 1994). Esta nova corrente previa o mesmo cenário catastrófico de Malthus, mas desta vez não baseado somente na questão da alimentação:

demasiadas pessoas conduzem também ao aumento do consumo de recursos energéticos finitos e a sua utilização implica o aumento de dióxido de carbono na atmosfera provocando o derretimento de calotes polares, aumentando o risco de inundações; a depleção da camada de ozono aumenta o risco do aparecimento de casos de cancro de pele, etc. A crise petrolífera de 1973 tornou o público suscetível às teorias de Malthus e ao então recém-editado *“The limits to Growth”*. Durante a Guerra de Yom Kippur, a OPEP boicou os Estados Unidos da América (EUA) e a Holanda pelo seu apoio a Israel durante o confronto e o preço do petróleo quadruplicou (NEUMAYER, 2000). No entanto, os economistas, em geral, não partilhavam a mesma preocupação. Apenas algumas personalidades, considerados algo excêntricos pela comunidade de economistas de então, revelaram simpatia pela preocupação revelada no relatório. O documento foi alvo de inúmeros e ferozes ataques por parte da comunidade de economistas neoclássicos (NORDHAUS, 1973, SOLOW, 1974). O principal argumento era a ingenuidade com que Meadows (1972) tinha colocado o problema: extrapolar dados e tendências do passado sem ter em conta o papel do progresso tecnológico e da variação nos preços relativos pode desempenhar para ultrapassar a aparente limitação de recursos (NEUMAYER, 2000). Na mesma altura, uma outra voz se levanta contra a visão neoclássica. Em 1971, Georgescu-Roegen publica o livro *“The Entropy Law and the Economic Process”*. O autor propõe a introdução de questões físicas, como as leis da termodinâmica, na ciência económica e argumenta a favor da relevância dos recursos finitos. Segundo Georgescu-Roegen (Apud ROCHA, 2004), o processo económico é a transformação produtiva de massa e energia sujeitas à degradação irreversível de energia útil. Do ponto de vista da termodinâmica, um sistema económico pode ser interpretado como uma estrutura dissipativa: o processo económico não cria nem consome matéria ou energia, apenas transforma um estado de baixa entropia num de alta entropia. A importância económica da produção de entropia deriva da limitação dos *stocks* de energia disponível, isto é, energia útil e da irreversibilidade da depreciação da energia; a menor disponibilidade de energia implica menor qualidade da mesma; eventualmente a energia é desperdiçada como calor – completamente inútil (SÖLLNER, 1997). Com Boulding, Georgescu-Roegen e Meadows estavam criadas as bases para surgir o movimento da *economia ecológica* como resposta à incorporação da questão ambiental na economia neoclássica, e que ficou denominada como *economia ambiental* (ROCHA, 2004).

Segundo os críticos da teoria de Malthus, os seus seguidores cometeram o mesmo erro deste, prevendo o caos com base numa variável (população), negligenciando a ocorrência de mudanças noutras variáveis: políticas sociais de controlo populacional instituídas, por exemplo, na China; novas formas de contraceção que já conduziram a um declínio nas populações de países industrializados; progressos na refinação de produtos petrolíferos tal como o aparecimento de gasolina sem chumbo; ou o aparecimento de novas formas de transporte como o veículo elétrico (MARKERT, 2005).

I.1.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS

De todas as questões que a humanidade enfrenta atualmente, o impacto do crescimento económico nos sistemas ecológicos representa um dos maiores paradoxos. A curva ambiental de Kuznets (GROSSMAN e KRUEGER, 1993) procura representar a relação entre o rendimento *per capita* e a degradação ambiental numa economia. Este modelo é essencialmente empírico, e pode ser traduzido na convicção de que um indivíduo terá primeiro que alcançar um nível de vida suficientemente confortável para se preocupar com as questões ambientais. De acordo com a curva, numa primeira fase de crescimento económico ocorre um aumento da degradação ambiental, até que se atinge um valor de riqueza *per capita* a partir do qual a tendência se inverte, resultando numa melhoria ambiental (Figura I - 1). Esta hipótese representa, no fundo, o conceito “Cornucopiano”: o crescimento económico por si só resultará, eventualmente, na resolução dos problemas ambientais que o mesmo provoca numa primeira fase. A curva ambiental de Kuznets tem recebido, ao longo dos anos, várias críticas quer do ponto de vista teórico quer do ponto de vista econométrico por parte dos “Neo-Malthusianos” (COPELAND e TAYLOR, 2004, DASGUPTA *et al.*, 2002, MULLER-FURSTENBERGER e WAGNER, 2007, STERN, 2004, STERN *et al.*, 1996). As críticas baseiam-se fundamentalmente no facto de a relação apresentada ser demasiado simplista e não englobar as interações complexas na relação economia-ambiente.

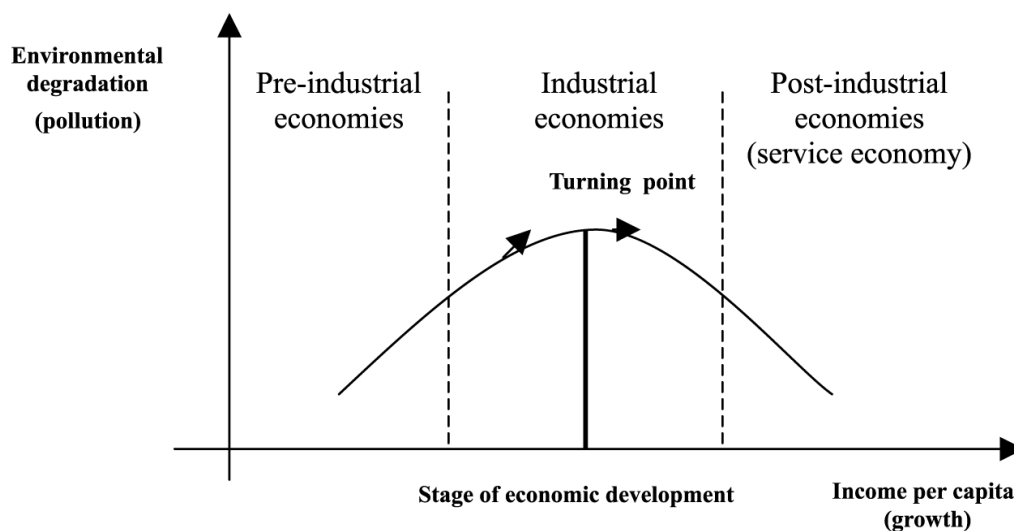


FIGURA I - 1. CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS – FONTE: (PANAYOTOU, 1993)

Se durante a primeira crise petrolífera na década de 1970 as atenções dos governos mundiais viraram para a escalada no preço da energia, nas últimas décadas a degradação ambiental, causada pelo padrão de desenvolvimento económico assente no consumo de combustíveis fósseis, ganhou grande relevância (KALOGIROU, 2004). A utilização de combustíveis fósseis pressupõe a execução de atividades e utilização de tecnologias

prejudiciais ao ambiente. Desde a sua extração, passando pela transformação, transporte, e particularmente o seu uso final (combustão), os combustíveis fósseis têm um impacto negativo direto ou indireto no ambiente. Os problemas ambientais associados à produção e uso de energia incluem, poluição atmosférica, formação de chuvas ácidas, destruição da camada de ozono, devastação de florestas, emissão de substâncias radioativas e o aquecimento global (DINCER, 1999). Para além das causas naturais que poderão influenciar o clima do planeta (DEMENOCAL, 2001), é hoje (quase) unanimemente aceite pela comunidade científica que a ação humana é responsável pelas alterações climáticas que testemunhamos atualmente. O 4º Relatório de Avaliação do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) indica, com um grau de probabilidade superior a 90%, o homem como responsável pelo aquecimento global que se tem registado nos últimos 100 anos (PACHAURI e REISINGER, 2007). Atividades industriais e domésticas são responsáveis pela emissão de poluentes atmosféricos (CO₂, CH₄, CFC's, N₂O, O₃), também denominados gases de efeito de estufa (GEE), conduzindo a um aumento do efeito de estufa da atmosfera que, por sua vez, resulta no aumento da temperatura do planeta (DINCER, 1999). As estatísticas disponíveis indicam que a temperatura média global da atmosfera aumentou 0,6±0,2°C durante o século XX. O aquecimento ocorreu fundamentalmente em dois períodos: 1910-1945 e 1976-2000 (SANTOS e MIRANDA, 2006).

Para além dos problemas ambientais que decorrem diretamente do consumo de combustíveis fósseis, o atual paradigma de desenvolvimento económico, assente num aumento constante no consumo de recursos, gera resíduos e interfere na capacidade de autorregulação dos ecossistemas.

I.1.3 DESIGUALDADE SOCIAL

A crescente integração da economia mundial, no processo que hoje chamamos globalização, tem sido acompanhada pelo aumento da desigualdade na distribuição da riqueza mundial e consequentemente a desigualdade social. Diferentes estudos utilizando diferentes indicadores (BORGHESI e VERCELLI, 2003, BOURGUIGNON e MORRISSON, 2002, MILANOVIC, 2002) corroboram a correlação empírica entre o aumento da desigualdade na distribuição de riqueza, entre e dentro dos próprios países, e o fenómeno de globalização.

A “democratização” do conceito de desenvolvimento sustentável no último quarto do século XX, e que supostamente deveria conciliar as dinâmicas económicas, ambientais e sociais, conduziu a diferentes interpretações do mesmo no meio económico (FRANCK-DOMINIQUE, 2008). A visão neoclássica da economia formatou o conceito de modo a tornar o crescimento económico a base da sua definição de desenvolvimento sustentável: o crescimento sustentável. Durante muito tempo, estabeleceu-se na visão clássica da economia que o crescimento económico conduziria inevitavelmente a uma redução da

desigualdade da distribuição da riqueza (teoria, aliás, que é comum à solução neoclássica para os problemas ambientais). Esta teoria, conhecida como a “*hipótese de Kuznets*”, postulava que o crescimento económico tinha como primeira consequência o aumento da iniquidade mas mais tarde, ao atingir esta um ponto máximo, a redução da desigualdade principiaria. Nos últimos anos do século XX surgiram, no entanto, vários estudos empíricos que rejeitam de algum modo a validade da teoria de Kuznets. Alguns não confirmaram a existência de uma relação sistemática e causal entre crescimento e alterações na iniquidade (ADAMS, 2004, DEININGER e SQUIRE, 1996, 1998), outros encontraram casos de correlação negativa entre as duas variáveis em países em transição económica (maior crescimento resultou num menor nível de desigualdade) (RAVALLION e CHEN, 1997). Assim, gradualmente, os economistas viraram a sua atenção para potencial relação causal contrária entre as duas variáveis (FERREIRA, 1999): que impacto pode ter a desigualdade no crescimento económico? Também neste caso surgiram estudos com conclusões antagónicas: alguns estudos apontaram uma relação positiva entre desigualdade na distribuição da riqueza e crescimento económico (FORBES, 2000); outros estudos apresentaram a desigualdade na distribuição da riqueza como um travão ao crescimento (ALESINA e RODRIK, 1994, PERSSON e TABELLINI, 1994).

No entanto, e independentemente da natureza da relação entre desigualdade na distribuição de riqueza e crescimento económico, entre economistas é consensual (ainda que existam casos pontuais que contrariam a regra) o efeito positivo do crescimento económico na redução da pobreza (ADAMS, 2004, FERREIRA, 1999). Este facto, juntamente com o reconhecimento da economia clássica de que o crescimento económico e a equidade são dois objetivos impossíveis de alcançar em simultâneo num sistema económico (DASTJERDI e ISFAHANI, 2011), o paradigma de desenvolvimento da economia neoclássica assenta fundamentalmente no conceito de crescimento económico. De forma a atenuar a desigualdade na distribuição de riqueza, as sociedades, utilizando o conceito de estado social, utilizam ferramentas fiscais que tentam redistribuir a riqueza.

Devido à aparente incapacidade do modelo de desenvolvimento económico atual em atenuar e combater os problemas relativos à poluição, à limitação dos recursos e aos problemas sociais relativos à pobreza e desigualdade na distribuição da riqueza, surge então a *economia ecológica*, baseada no papel crítico que o capital natural e a limitação de recursos devem ter no crescimento económico. Mais recentemente, surgiu na *economia ecológica* uma corrente de pensamento mais radical: o “*sustainable de-growth*” (ALIER, 2009, KERSCHNER, 2010). Este conceito de “regressão sustentável” tem origem em dois pontos fundamentais:

- Por um lado, alguns economistas ficaram insatisfeitos e desiludidos com o discurso do “desenvolvimento sustentável” e mais ainda com a distorção do seu

conceito na atual conjuntura económica. Começaram assim a questionar a necessidade de redefinir os próprios conceitos de “desenvolvimento” e de “necessidade”.

- Por outro lado, esta corrente preocupa-se fundamentalmente com a questão social do desenvolvimento sustentável. Face à dificuldade em resolver os problemas sociais relativos à pobreza e desigualdade, alguns economistas defendem a necessidade de transitar de uma economia focada no crescimento para uma outra centrada na melhor distribuição da riqueza e numa menor produção e consumo de materiais.

A sustentabilidade social está dependente não só de uma melhor distribuição da riqueza gerada na economia, mas também de uma apropriada distribuição de poder e influência no seio da sociedade. A equidade inter e intra-geracional, a distribuição de recursos e poder, o emprego, educação, provisão de serviços e infraestruturas básicas, liberdade e capacidade de influência na tomada de decisão foram identificados como aspetos fundamentais no paradigma de desenvolvimento sustentável (VALIANCE *et al.*, 2011). A visão de uma recessão sustentável implica uma transição democrática para uma menor economia com menos produção e menos consumo, questionando os objetivos éticos da sociedade (MARTINEZ-ALIER *et al.*, 2010). Ainda que não exista, na sociedade atual, qualquer incentivo para que os agentes económicos adotem uma política de não crescimento (AYRES, 2008, MARTINEZ-ALIER *et al.*, 2010, SCHNEIDER *et al.*, 2010), o debate parece ter-se iniciado.

I.1.4 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AS UNIVERSIDADES

É neste contexto que surge a necessidade de encontrar um modelo de desenvolvimento compatível com o reconhecimento da limitação da disponibilidade de recursos e dos efeitos do consumo desses recursos no meio ambiente e *na sociedade*. O conceito de desenvolvimento sustentável emerge fruto dessas preocupações e é num relatório elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (Relatório Brundtland) que a sua definição mais conhecida é revelada (Cit. por BORGHESI e VERCELLI, 2003) : *“O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e económico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.”*

As universidades devem desempenhar um papel fundamental na busca do desenvolvimento sustentável, por duas razões fundamentais:

1. As instituições de ensino superior (IES) têm uma responsabilidade especial no desenvolvimento da sociedade, particularmente na educação dos futuros líderes e na proliferação da consciência pública sobre o desenvolvimento sustentável. A introdução do conceito de desenvolvimento sustentável transversal a todos os *currícula* de cursos universitários poderá funcionar como catalisador para transportar o conceito de sustentabilidade para a cidadania responsável.
2. Simultaneamente, as IES devem aplicar o conceito no desenvolvimento da sua atividade, funcionando a organização como um laboratório de experimentação de tecnologias e soluções sustentáveis. Como tal, as universidades devem "*liderar pelo exemplo*", promovendo um padrão de desenvolvimento compatível com os princípios que sustentam o conceito de desenvolvimento sustentável: a proteção ambiental e o princípio da equidade intra e inter-geracional.

Segundo Cortese (2003), as IES são um sistema composto por quatro dimensões (Educação, Investigação, Operação; Relação com as partes interessadas), sendo que estas não podem ser vistas como entidades independentes. Pelo contrário, porque os estudantes aprendem com tudo o que os rodeia, as atividades que decorrem nas quatro dimensões da IES formam uma complexa rede de experiência e aprendizagem. As barreiras que se colocam à incorporação e institucionalização do conceito de desenvolvimento sustentável nas universidades foram identificadas por Lozano (2006a). Segundo o autor, ainda que o desenvolvimento sustentável como conceito esteja publicamente disponível há quase 30 anos, as universidades têm falhado a introdução do mesmo no seu sistema porque ainda é visto como uma ideia inovadora, e como tal está ainda num processo de maturação. Ainda segundo o autor, as barreiras só serão ultrapassadas se for utilizada uma abordagem transdisciplinar, se a cooperação com todas as partes interessadas se tornar uma regra e se existir apoio da gestão de topo na incorporação e institucionalização do conceito nas IES. Esta aparente negligência das IES na adoção de um comportamento assumidamente compatível com os princípios do desenvolvimento sustentável resulta numa consequência fundamental: não só inibe a promoção e disseminação do conceito, mas, pior ainda, descredibiliza o mesmo, o que é fatal numa lógica de formação de futuras lideranças.

I.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Encontrar um caminho para um desenvolvimento económico com consciência ambiental e social é uma tarefa da sociedade em geral. No entanto, as IES podem desempenhar um papel fundamental na procura desse caminho alternativo, funcionando como um agente formador de futuros profissionais com responsabilidade na sociedade e simultaneamente aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável nas suas atividades e operações.

Colocam-se então dois desafios às IES: implementar e avaliar a sustentabilidade nas suas organizações. As ferramentas utilizadas para implementar a prática sustentável em IES denotam alguma ineficácia, nomeadamente as que são muito focadas numa determinada área da sustentabilidade (ambiental, energética), sejam elas ferramentas operacionais ou de gestão. Instrumentos mais abrangentes, cujo objetivo é gerir as três dimensões do conceito de desenvolvimento sustentável (sociedade, meio ambiente e economia) foram desenvolvidos recentemente. No entanto, estes instrumentos surgem como estruturas genéricas, compostos por múltiplas estratégias e domínios de ação que podem dificultar a implementação efetiva de práticas sustentáveis nas IES. Por outro lado, existem vários instrumentos que permitem avaliar a sustentabilidade de organizações. Alguns desses instrumentos são até específicos para IES. Englobam geralmente um grande número de critérios, com unidades de medição diferentes, o que torna difícil a sua utilização. Além disso, o peso de cada critério é um valor subjetivo, inerente à perceção do criador o instrumento de avaliação.

A emergia surge neste contexto como um conceito agregador. Por um lado, implementar um sistema de gestão da emergia pode funcionar como uma efetiva ferramenta para implementar práticas sustentáveis nas quatro dimensões da organização universitária – ensino, investigação, operação e cooperação com a comunidade – promovendo simultaneamente o conceito de melhoria contínua. Por outro lado, utilizar a avaliação emergética como instrumento de avaliação da sustentabilidade permite ultrapassar algumas das desvantagens encontradas nos métodos alternativos.

1.3 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÃO ESPERADA DA TESE

Esta tese pretende auxiliar o processo de consolidação do conceito de sustentabilidade no seio das organizações propondo uma nova metodologia para a implementação e avaliação da sua sustentabilidade. Partindo de ferramentas de gestão e avaliação já existentes, esta tese sugere a sua integração numa única metodologia, ultrapassando desse modo as suas limitações e potenciando as suas capacidades enquanto ferramentas isoladas.

O “*catalisador ideológico*” desta tese foi, no entanto, perceber o papel das IES neste processo de consolidação. Assim, o objeto de estudo pode ser formulado sob a forma de uma pergunta de partida: “O que é e como se avalia a sustentabilidade numa instituição de ensino superior?” Nesse sentido, procurou-se que a nova metodologia, tendo uma estrutura que permita a sua adaptação a qualquer organização, não perdesse o seu interesse quando aplicado a organizações com as especificidades das IES.

Neste contexto, pode-se considerar como objetivo principal deste trabalho desenvolver um procedimento para a gestão e avaliação da sustentabilidade de uma IES. Para tal, impõe-se atuar em dois níveis: implementação e avaliação da sustentabilidade. De forma a atingir o objetivo principal proposto, os seguintes objetivos específicos foram perseguidos:

- Desenvolver um procedimento que permita implementar um Sistema de Gestão da Sustentabilidade numa IES.
- Realizar uma auditoria emergética à Universidade de Aveiro (fluxos de recursos, dinheiro e informação).
- Com base na avaliação emergética, criar uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade para as IES, utilizando Indicadores de Desempenho Emergético.

Esta tese pretende contribuir cientificamente para:

- Releva o conceito de sustentabilidade na gestão estratégica e operacional das organizações.
- Alicerçar a utilização da análise emergética como ferramenta para avaliação da sustentabilidade de sistemas.
- Uniformizar um procedimento para a realização de análise emergética.

I.4 METODOLOGIA

A realização desta tese de doutoramento assentou nos princípios fundamentais do procedimento científico. Bourdieu (1973) descreveu este último como um processo hierárquico composto por três atos epistemológicos (rutura, construção e verificação), enquanto Quivy e Van Campenhoudt (1998) traduziram os três atos em sete etapas que devem ser percorridas para produzir conhecimento científico: a pergunta de partida; a exploração; a problemática; a construção do modelo de análise; a observação; a análise das informações; e, finalmente, as conclusões.

Após a formulação do projeto de investigação sob a forma de pergunta de partida, e que se apresenta na secção anterior (I.3), iniciou-se o trabalho exploratório, isto é, a pesquisa de informação através de fontes primárias, secundárias e terciárias. A pesquisa incluiu consultas a livros, artigos científicos, relatórios de organizações públicas e privadas e sítios de internet. Deste modo, pretendeu-se criar a base teórica que permitiu a compreensão do problema, sua formulação, e encontrar possíveis abordagens ao mesmo (a problemática apresenta-se na secção I.2).

O modelo de análise sugerido nesta tese para abordar o problema da gestão e avaliação da sustentabilidade em organizações baseia-se na integração de três conceitos numa só metodologia: Sistemas de Gestão Normalizados, *Balanced Scorecard*, e Emergia. A integração destas ferramentas num só procedimento de gestão e avaliação pretende ultrapassar as limitações de cada uma delas. No final, a utilização do procedimento possibilitará gerir a sustentabilidade do ponto de vista estratégico e operacional, assentar a gestão no princípio da melhoria contínua, e utilizar indicadores emergéticos para avaliar o desempenho da sustentabilidade da organização.

O modelo de análise foi aplicado e validado (etapas de observação e validação do procedimento científico) utilizando a Universidade de Aveiro como um caso de estudo. A recolha de informação relativa à operação e atividade da Universidade, necessária para a caracterização e avaliação da mesma em relação à sustentabilidade, foi realizada através do contacto com os serviços técnicos e administrativos da organização.

I.5 ESTRUTURA DA TESE

O trabalho realizado está apresentado ao longo dos próximos capítulos.

O Capítulo II pretende apresentar uma análise exaustiva à literatura que, de maneira mais ou menos direta, se relaciona com o objeto da tese. É apresentado um pequeno relato histórico da tentativa de implementação do conceito de desenvolvimento sustentável nas IES. Os primeiros esforços foram direcionados para a minimização dos impactos ambientais da organização, utilizando para isso ferramentas operacionais e/ou de gestão. Numa segunda fase, as IES perceberam que deveriam implementar o conceito de sustentabilidade na sua verdadeira aceção: não só ao nível operacional, mas em todas as dimensões da organização; e ter em conta não só a perspetiva ambiental, mas também a social e económica. Por fim, apresenta-se também uma revisão da utilização da análise emergética como uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade de sistemas. Efetua-se uma pequena perspetiva histórica e enumeram-se as suas aplicações.

No Capítulo III são descritas as diferentes ferramentas que vão ser integradas num único procedimento de gestão e avaliação da sustentabilidade em organizações. Duas ferramentas utilizadas no âmbito da gestão de organizações são descritas: é destacado o conceito de melhoria contínua patente na génese dos sistemas de gestão normalizados, e o Balance Scorecard é relevante pela sua capacidade de traduzir objetivos estratégicos em atividades operacionais. Por fim, a avaliação emergética. Baseada numa teoria assente em princípios termodinâmicos associados à importância da energia na sobrevivência e desenvolvimento dos sistemas, a realização da análise emergética permite estreitar a lacuna entre a economia, ambiente e sociedade utilizando uma única unidade de avaliação para as três dimensões. O conceito de energia é apresentado com algum detalhe e avaliam-se as suas características atrativas e limitações.

No Capítulo IV é descrito o procedimento que permite gerir e avaliar a sustentabilidade de uma organização, desenvolvido com base na integração dos três instrumentos descritos e analisados no Capítulo anterior. O procedimento tem em consideração o conceito de melhoria contínua presente nos sistemas de gestão normalizados e a necessidade de traduzir a gestão estratégica sob o ponto de vista operacional. Nesse sentido, o mapa estratégico desempenha um papel central na ilustração da inter-relação que existe entre diferentes perspetivas da organização e o objetivo final: a sustentabilidade da organização. Por outro lado, a análise emergética permite avaliar o desempenho da organização de uma forma mais holística, avaliando todos os recursos utilizando uma só unidade de medição (emjoule).

O Capítulo V apresenta a aplicação do modelo apresentado no Capítulo IV à Universidade de Aveiro, dando particular destaque à especificidade das instituições de ensino superior.

Por fim, o Capítulo VI apresenta as conclusões do trabalho desenvolvido. Os principais resultados são apresentados, assim como as limitações do modelo apresentado e as questões que ficaram por responder e que podem representar futuras linhas de investigação.

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste Capítulo é apresentada uma visão sobre o esforço que as universidades têm vindo a desenvolver no sentido de gerir e avaliar o conceito de sustentabilidade no interior das suas organizações e na sua transferência para a sociedade.

Num primeiro ponto, é efetuada uma perspetiva histórica sobre as iniciativas que as instituições de ensino superior (IES) têm adotado ao longo dos últimos anos. São depois classificadas e analisadas as ferramentas tradicionalmente utilizadas pelas IES no sentido de implementar o conceito de desenvolvimento sustentável nas suas atividades.

Num segundo ponto, são abordados os instrumentos que possibilitam a avaliação da sustentabilidade das organizações, nomeadamente de IES. O conceito de emergência, o potencial da análise emergética como ferramenta de avaliação de sustentabilidade e as suas aplicações são apresentados também neste ponto.

II.1 O CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Ao longo dos anos o desenvolvimento sustentável tornou-se numa questão fundamental em muitas agendas oficiais, nomeadamente na agenda das Nações Unidas. As Universidades seguiram esta tendência desde o início. Em 1972, a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano fez a primeira referência a sustentabilidade no ensino superior (Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment 1972). Desde então, muitas universidades assinaram voluntariamente declarações de princípio indicando os seus compromissos e utilizaram outras ferramentas para alcançar a sustentabilidade. Em 1990, mais de 300 universidades assinaram a Declaração de Talloires, um plano de ação para a incorporação de literacia ambiental e sustentável no ensino e nas atividades de investigação, operação e cooperação em faculdades e universidades (Talloires Declaration, 1990). Em Halifax, Canadá, em dezembro de 1991, a vertente ambiental do desenvolvimento sustentável foi abordada pelos presidentes de diversas universidades de todo o mundo, bem como pelos representantes seniores da Associação Internacional das Universidades, a Universidade das Nações Unidas e da Associação de Universidades e Colégios do Canadá (Halifax Declaration, 1991). Em agosto de 1993, as mais de 400 universidades de 47 países diferentes participantes no 15º Congresso da Associação de Universidades do Commonwealth (ACU) reuniram-se em Swansea (País de Gales) inspiradas pelos exemplos de Talloires e Halifax, e desapontadas pela insuficiente presença de Universidades na Conferência do Rio de Janeiro e na Agenda 21. Eles comprometeram-se na busca de

ferramentas que permitissem às universidades da ACU responder adequadamente a este desafio (Swansea Declaration, 1993).

Depois da inicial declaração de intenções por parte das instituições de Ensino Superior, assistiu-se a um período de pouca atividade na promoção do conceito de desenvolvimento sustentável e de atividades sustentáveis. Na última década, o movimento ressurgiu com mais força que nunca. As universidades optaram pela estratégia assente no conceito “*Practice what you preach*” e perceberam que a melhor forma de o fazerem passaria pelo esforço conjunto de várias instituições. Diversas associações de universidades surgiram nos últimos anos, todas elas com o objetivo de melhorar o seu desempenho promovendo o conceito de sustentabilidade nas suas atividades, e também procurando replicar os seus avanços na sociedade. Desde 2001, um grande número de universidades do Reino Unido está envolvido no projeto *Higher Education Environmental Performance Improvement* (HEEPI) (PEAK SITES., 2001). Este projeto visa desenvolver mais e melhores dados comparáveis sobre o desempenho ambiental das universidades e identificar, disseminar e promover as melhores práticas em áreas chave: construção e remodelação de edifícios; gestão da energia e da água; mobilidade; transferência de tecnologia; curriculum; etc. Nos Estados Unidos da América surgiu em 2006 a *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education* (AASHE) com o mesmo objetivo (AASHE, 2010a). Em 2007, um grupo de presidentes de universidades criaram uma iniciativa sem precedentes para liderar o esforço de sustentabilidade pelo ensino superior (Text of the American College & University Presidents’ Climate Commitment, 2007). Esta iniciativa representa um esforço de alta visibilidade para enfrentar o aquecimento global através de um compromisso conjunto para alcançar a neutralidade climática nos seus *campi* e desenvolver a capacidade da sociedade para fazer o mesmo. *International Sustainable Campus Initiative* (ISCN) é uma associação de universidades europeias, asiáticas e americanas, que foi construída com base no trabalho desenvolvido pelas suas congéneres inglesa e norte americana e que pretende complementar as iniciativas destas (ISCN, 2013). A ISCN assenta a sua estratégia de ação em 2 princípios: 1) Reconhecer o impacto do planeamento, construção e utilização das infraestruturas das universidades a dois diferentes níveis - Edifícios e Campus Universitário; 2) Integração da investigação, educação, infraestruturas e *outreach* num “laboratório para a sustentabilidade”.

Os esforços de sustentabilidade das universidades não são recentes. Como muitas outras instituições, as universidades tornaram-se cientes dos impactos que sua atividade tinha sobre o meio ambiente. Assim, as preocupações ambientais funcionaram como uma primeira motivação em direção à sustentabilidade, embora rapidamente outras questões se tornassem relevantes para as organizações. O consumo de energia, por exemplo, tornou-se um alvo principal dos esforços de sustentabilidade, por causa de sua relação

com a degradação ambiental e potencial de poupança económica. Podem-se dividir as ferramentas utilizadas pelas universidades para implementar a sustentabilidade nas suas atividades em dois grupos: 1) Ferramentas Operacionais e 2) Ferramentas de Gestão.

II.1.1 FERRAMENTAS OPERACIONAIS

Ultimamente, muita ênfase vai sendo colocada nas questões energéticas. Alguns autores estimam que quase metade das emissões globais de CO₂ pode ser atribuída à combustão de combustíveis fósseis em prédios urbanos (FILIPPÍN, 2000). Em Portugal, por exemplo, 30% do consumo total de energia ocorreu no domicílio e sector comercial da economia em 2007. Como tal, muitas das estratégias e da política de energia para reduzir as emissões de gases de efeito de estufa são estritamente relacionadas com a redução do consumo de energia em edifícios (MEDRANO *et al.*, 2008). Nos parágrafos seguintes são apresentados três programas diferentes, principalmente focados na utilização de energia nos campi universitários.

Muitas universidades norte-americanas optam por atuar nos seus edifícios como um passo importante para a sua sustentabilidade. O programa de certificação de edifícios “verdes” *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED[®]), desenvolvido pelo *Green Building Council*, é a referência nos EUA para a conceção, construção e operação de edifícios sustentáveis (USGBC, 2011). O programa LEED estimula e acelera a adopção de práticas de construção sustentável, utilizando ferramentas e critérios de desempenho específicos e fundamentados. Muitas universidades adotaram este processo de certificação para assegurar a sustentabilidade a sua construção (THE PRINCETON REVIEW INC, 2010). O *Green Building Council* lançou a “*Green Campus Campaign*” para incentivar e promover o uso de LEED como um meio para “tornar verde” o campus universitário. O programa LEED engloba um conjunto de sistemas de classificação que pode ser utilizado por universidades em diferentes situações: *LEED-NC* – guia para a fase de projeto e desenvolvimento de novas construções; *LEED-EB* – metodologia para utilizar e manter o edifício de forma sustentável; *LEED for schools* – reconhece o *design* e construção específicos das escolas; *LEED for Neighbourhood Development* – guia para a integração de aspetos ambientais nos projetos de expansão ou projetos a larga escala de campus universitários. Qualquer um destes sistemas de classificação LEED pode e têm sido usados em campus universitários. O edifício *Whitehead Biomedical Research* da Universidade Emory tornou-se, em 2002, um dos projetos-piloto original para o sistema LEED-NC (EPA e DOE, 2005). A Universidade da Califórnia tem vários edifícios certificados (RIED, 2008). As Universidades de Columbia e de Sacramento são duas instituições atualmente envolvidos em processos de certificação LEED-ND para vários projetos (RIED, 2008). Apesar de o LEED ter sido desenvolvido no EUA, é possível aplicar o processo de certificação fora de território norte-americano. A Universidade de Copenhaga certificou um projeto chamado

Green Lighthouse no programa LEED (COPENHAGEN, 2010). O *Green Lighthouse* é o primeiro edifício público carbono zero da Dinamarca. O edifício foi construído em menos de um ano numa parceria público/privada.

O Programa *Green Campus* da *Alliance to Save Energy* é direcionado para a eficiência energética, atualmente em vigor em dezasseis campus da *University of Califórnia* (UC) e *California State University* (CSU) (THE ALLIANCE TO SAVE ENERGY., 2010). É uma iniciativa orientada para o aluno, que educa a comunidade do campus sobre a eficiência energética, proporciona poupanças de energia, e incentiva a próxima geração de profissionais de eficiência energética:

- Construindo alternativas para carreiras verdes através de formação, tutorias, estágios, oportunidades de trabalho voluntário, e com aprendizagem baseada no desenvolvimento de projetos;
- Realizando poupança de energia mensurável através de investigação e implementação de práticas de melhor eficiência de energia, campanhas educativas, e facilitação de *retrofits*;
- Introduzindo conceitos energéticos e de eficiência energética nos currículos académicos;
- Promovendo a divulgação da eficiência energética através de campanhas educativas.

Este programa possibilita que estudantes universitários se tornem líderes na área da eficiência energética num futuro próximo. Utilizando cerca de 100 estagiários por ano, o programa envolve os alunos na construção de caminhos para “carreiras verdes”, trabalhando em conjunto com professores, funcionários, administradores e outros estudantes envolvendo-os em projetos de eficiência energética.

O programa HEEPI, financiado pelo Conselho de Financiamento do Ensino Superior para a Inglaterra e gerido pela Universidade de Bradford está em execução desde 2001. O objetivo do projeto era melhorar o *benchmarking* ambiental entre as instituições de ensino superior, partilhar as melhores práticas, construir redes e fornecer informações relevantes (JAMES e HOPKINSON, 2009). O campo de intervenção deste projeto varia entre a utilização eficiente da energia e da água, o desempenho de edifícios, a gestão de resíduos e a mobilidade. O trabalho desenvolvido no âmbito do programa HEEPI permitiu a conceção do projeto *Good Campus*, focado em três áreas: Edifícios de Alto Desempenho, Informação Sustentável e Tecnologias da Comunicação, e Laboratórios Sustentáveis.

II.1.2 FERRAMENTAS DE GESTÃO

Apesar dos esforços atrás descritos serem valiosos exemplos de práticas sustentáveis, eles não podem por si só ser uma garantia de sustentabilidade de uma organização. Carecem de uma abordagem sistemática e da procura de uma melhoria contínua.

Os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) têm sido implementados por um grande número de instituições. As abordagens utilizadas para implementar tal sistema de gestão variaram entre os modelos certificados e os modelos informais (não certificados). Esta ferramenta pode ser utilizada para abordar a sustentabilidade de forma sistemática e promover o conceito de melhoria contínua da instituição, preenchendo a lacuna patente nas ferramentas operacionais já apresentadas. A adoção de um SGA permite à instituição implementar metas e políticas ambientais e gerir o impacto ambiental dos seus serviços, produtos e operações. Nas linhas seguintes são descritos dois modelos utilizados para implementar SGA: ISO 14001 e Regulamento EMAS. A família de normas ISO 14000 está focada em reduzir o impacto ambiental das atividades de uma organização. A ISO 14001, uma norma internacional de adoção voluntária incluída na família ISO 14000, detalha as especificações para um SGA e dá orientações sobre o seu uso, uma vez que fornece uma estrutura para as agências públicas e privadas cumprirem os seus compromissos e obrigações ambientais (NP EN ISO 14001:2004, 2006). O conceito de "melhoria contínua" representa o núcleo das todas as normas dos sistemas de gestão. Como todas as normas ISO para os sistemas de gestão, a ISO 14001 usa o ciclo *Plan-Do-Check-Act* como princípio de funcionamento para alcançar a melhoria contínua. Entre os modelos utilizados para implementar SGA em universidades, a norma ISO 14001 é o mais popular. Alguns autores (CLARKE e KOURI, 2009, NOEKE, 2000, PRICE, 2005) defendem que é adequado para todo o tipo de organização, universidades incluídas. Há alguns exemplos de universidades certificadas com SGA ISO 14001 que o comprovam: Universidade de Glamorgan (Reino Unido) (UNIVERSITY OF GLAMORGAN., 2010), Universidade de Melbourne (Austrália) (THE UNIVERSITY OF MELBOURNE, 2009) e Universidade de Mälardalen (Suécia) (MÄLARDALEN UNIVERSITY, 2010). Outras instituições preferem não certificar o seu SGA, apesar da utilização da norma: *Lincoln University* (Nova Zelândia) (FISHER, 2003) ou *Dalhousie University* (Canadá) (CLARKE, 2006). A União Europeia desenvolveu o *Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS), um SGA voluntário, sob o qual empresas e outras organizações públicas avaliam, gerem e melhoram continuamente seu desempenho ambiental (EUROPEAN UNION., 2010). O número de empresas que adotam esta ferramenta para implementar um SGA parece estar em declínio, principalmente devido ao elevado grau de exigência e a falta de conhecimento das agências locais de fiscalização ambiental sobre o regulamento EMAS (STEGGER, 2000). A Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC) optou pela implementação deste modelo de SGA. O projeto foi apresentado num artigo de revista internacional e os autores apontam as oportunidades

educacionais para melhorar a formação para a sustentabilidade ambiental de profissionais como resultado da implementação do regulamento EMAS II (FERREIRA *et al.*, 2006).

Embora a implementação de um SGA através da norma ISO 14001 possa superar a falta de melhoria sistemática e contínua encontrados nas ferramentas operacionais, existem algumas desvantagens nesta abordagem para a sustentabilidade no campus da universidade, nomeadamente porque:

- A implementação de um SGA focaliza a universidade sobre as questões ambientais, desconsiderando ou negligenciando as questões sociais e / ou económicas.
- Não há um planeamento estratégico para a sustentabilidade da organização quando se implementa um SGA (MACDONALD, 2005).
- A adaptabilidade da norma a diferentes realidades, que pode ser visto como uma vantagem, é apontada por Alshuwaikhat (2008) como um inconveniente.

O facto de a norma não especificar políticas, objetivos ou metas de desempenho ambiental, deixando que sejam decididos por cada organização, resulta na adoção de uma gama heterogénea, e talvez inadequada, de práticas de gestão ambiental para alcançar a sustentabilidade nas universidades. Este facto conduziu Savely *et al.* (2007) a desenvolver um modelo para a implementação do Sistema de Gestão Ambiental em Universidades dos EUA, uma adaptação da norma ISO 14001 e das recomendações da Agência de Proteção Ambiental dos EUA. Esta ferramenta foi desenvolvida para fornecer a essas instituições altamente especializadas um caminho mais claro e mais económico para a implementação de um SGA. Com o mesmo objetivo de superar as dificuldades de implementação de um SGA nas universidades, foi desenvolvido um modelo específico para universidades na Universidade de Osnabrück, desta vez usando o EMAS como referência (VIEBAHN, 2002). O núcleo deste modelo foi o desenvolvimento de uma análise de fluxo de energia e de material. Apesar da existência de dificuldades de coleção de dados de energia e fluxo de materiais, foi realizado uma análise de ciclo de vida (ACV) da universidade, fornecendo a outras universidades um certo padrão de procedimento.

Apesar do razoável e digno contributo da gestão ambiental e/ou das medidas de eficiência energética nas organizações, o próximo passo lógico na direção da sustentabilidade é encontrar uma maneira de gerir os três componentes do conceito de desenvolvimento sustentável: sociedade, ambiente e economia. Muitas empresas e organizações estão ativamente envolvidas no debate sobre a sustentabilidade, procurando identificar formas pelas quais eles poderiam melhorar o seu desempenho e contribuir para o desenvolvimento sustentável. O *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) e o *International Institute for Environment and Development*

(IIED) identificaram uma série de benefícios para o negócio ao abordar questões de desenvolvimento sustentável (WBCSD. e IIED., 2002): redução de custos devido à inovação e aos métodos de produção mais limpa; custos inferiores na saúde e segurança dos trabalhadores; custos laborais mais baixos e soluções inovadoras; acesso facilitado a empréstimos e com taxas de juro mais baixas; melhoria da reputação da empresa. Holton et al. (2010), referem que as organizações começaram as suas medidas de sustentabilidade focalizando os seus impactos ambientais. No entanto, o foco sobre a gestão dos aspetos ambientais não é suficiente quando uma organização procura a sustentabilidade. A gestão da sustentabilidade exige às organizações ir além da eco-eficiência, integrando as metas ambientais e sociais no processo de decisão. Esta integração dos sistemas ecológicos e sociais com a instituição exige a consideração do “*triple bottom line*”, ou seja, o sucesso da organização deve ser avaliado tendo em conta um espectro alargado de critérios ambientais, sociais e económicos. Azapagic (2003) propôs uma ferramenta de gestão da sustentabilidade denominada Corporate Sustainability Management System (CSMS). O modelo foi desenvolvido em colaboração com a indústria e, partindo da estrutura dos sistemas de gestão normalizados e do conceito de melhoria contínua, pretende melhorar o desempenho das organizações através do desenvolvimento económico, sem descuidar a proteção do ambiente e os valores da responsabilidade social. Tal como os SGA e SGQ, o CSMS consiste em cinco etapas: desenvolvimento da política; planeamento; implementação; comunicação e revisão. Este modelo surge com um *upgrade* em relação ao SGA, na medida em que devem ser identificados aspetos económicos e sociais relevantes para a atividade da organização, para além dos aspetos ambientais.

A consciência da necessidade de uma abordagem mais ampla para a busca da sustentabilidade resultou no surgimento de novos modelos para gerir a sustentabilidade, alguns deles especificamente orientados para as universidades. Velazquez et al. (2006) propuseram um modelo de gestão abrangente de sustentabilidade desenvolvido especificamente para as universidades (Figura II-1). Os autores ressaltaram a falta de uma orientação clara sobre o que deve ser uma universidade sustentável e basearam o seu trabalho em dados empíricos recolhidos através de revisão bibliográfica e na pesquisa sobre as experiências de universidades em todo o mundo. Em seguida, desenvolveram o modelo de universidade sustentável fazendo o “*benchmark*” das melhores práticas utilizadas nas mesmas universidades. Como já foi referido neste documento, a conceção de um campus sustentável deve incorporar elementos educacionais e operacionais. O modelo resultante desta metodologia consiste em quatro estratégias (Educação, Investigação, Cooperação e parcerias e Sustentabilidade no Campus) que, por sua vez, englobam diferentes iniciativas resultantes das melhores práticas encontradas na literatura e na pesquisa. A estrutura de uma universidade sustentável também deve incluir “*networking*” com outras universidades (em organizações como a “*National*

Wildlife Federation”, a “*University Leaders for a Sustainable Future*”, e a ISCN), auditorias de sustentabilidade para monitorizar, analisar e controlar o desempenho de iniciativas sustentáveis; e deve obedecer ao princípio de melhoria contínua através do ciclo “*Plan-do-Check-Act*”, presente nos sistemas normalizados de gestão. Ainda de acordo com os autores, o modelo deve ser implementado gradualmente, um passo de cada vez, permitindo a melhoria contínua no desempenho ambiental, económico e social. Este modelo deve ser visto como uma ferramenta flexível para implementar a sustentabilidade na universidade, face às diferentes realidades de cada universidade na hora de implementar corretamente e cumprir todas as fases do modelo.

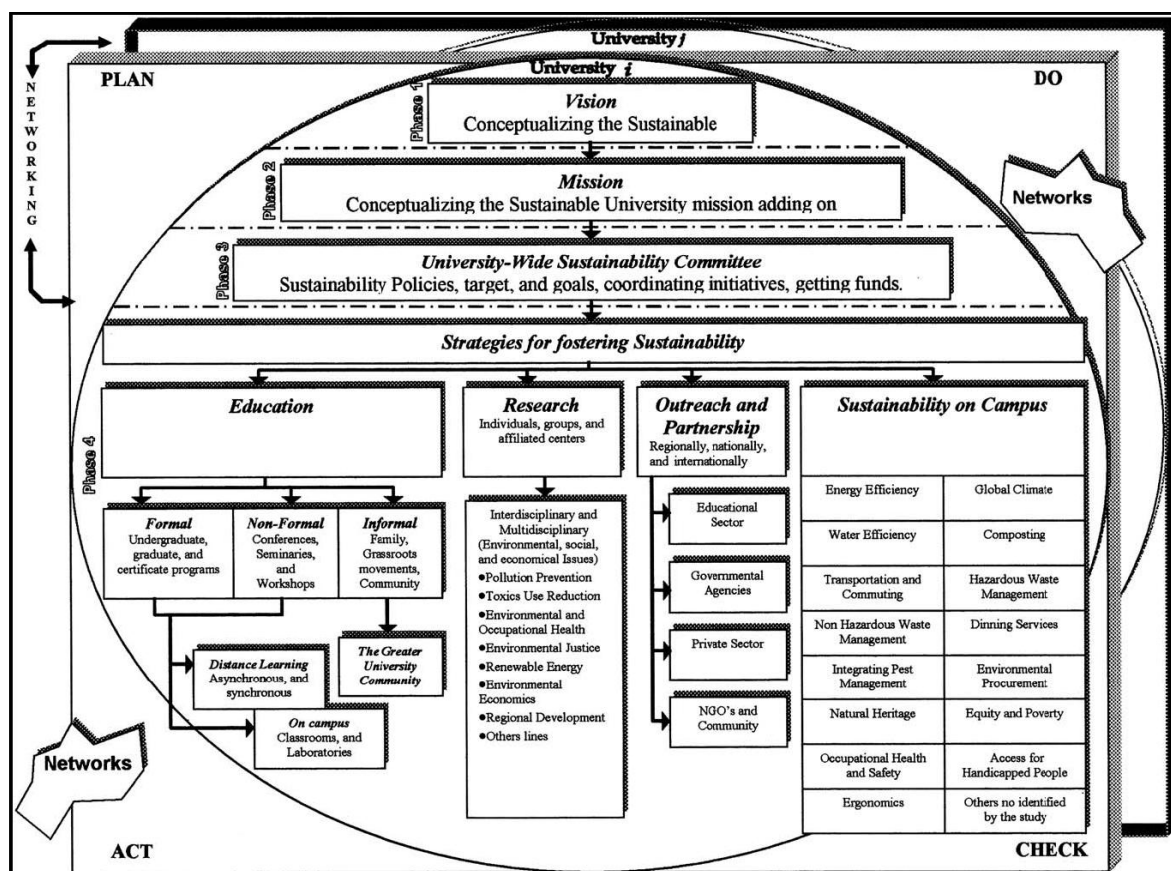


FIGURA II-1. MODELO DE GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE EM IES PROPOSTO POR VELAZQUEZ ET AL. (2006)

Uma abordagem semelhante foi proposta por Alshuwaikhat e Abubakar (2008). Estes autores optam por integrar três estratégias no seu “*Campus Sustainability Model*”: SGA da universidade; participação pública e responsabilidade social; e sustentabilidade no ensino e investigação (Figura II-2).

As estruturas de ambos os modelos são muito parecidas, uma vez que os dois consistem em várias iniciativas englobadas em estratégias que poderiam levar a cumprir a missão de sustentabilidade de uma universidade. Outro detalhe que diferencia este modelo é a

referência explícita à implementação de um SGA como uma estratégia para alcançar a sustentabilidade. Segundo os autores, a implementação de um SGA, terá consequências positivas sobre os três pilares da sustentabilidade: economia (energética e conservação de recursos); ambiente (minimizar os impactos negativos e geração de resíduos) e social (dá oportunidades iguais para todos nas áreas de ensino e investigação). Como modelo de Universidade Sustentável, este modelo deve funcionar como uma estrutura para implementar uma política e estratégias sustentáveis nas universidades, mas a forma concreta é ajustável de acordo com as prioridades de cada universidade.

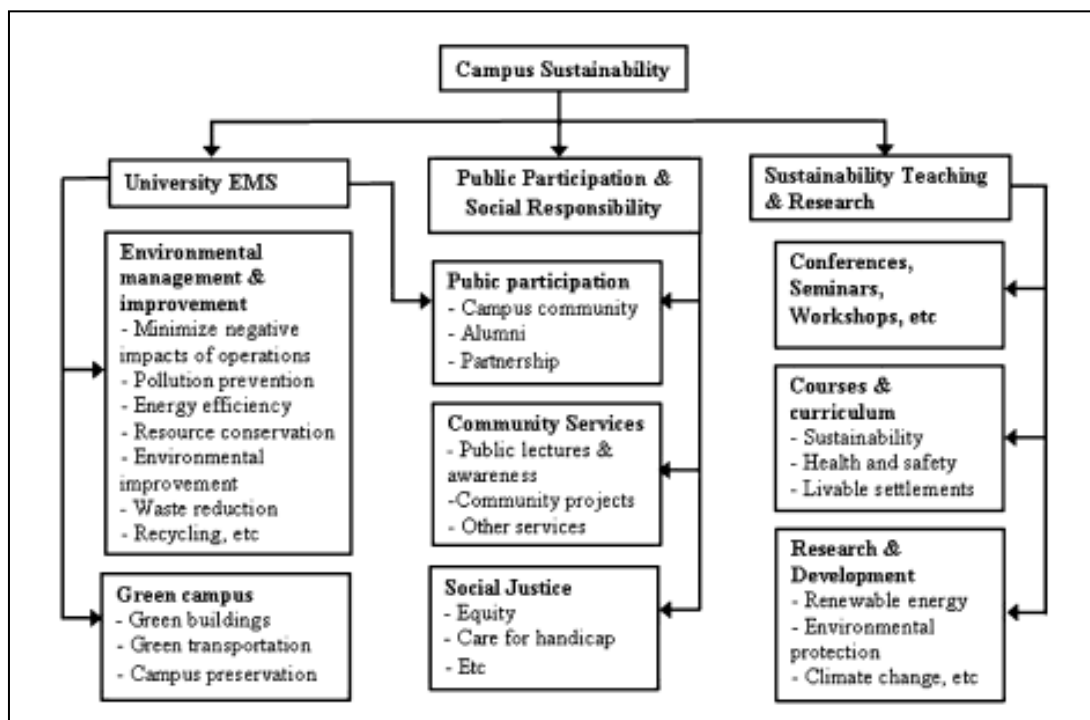


FIGURA II-2. MODELO PARA A GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE EM IES PROPOSTO POR ALSHUWAIKHAT E ABUBAKAR (2008)

II.2 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Uma coisa é implementar um conjunto de medidas ou ações com o intuito de promover e gerir a sustentabilidade numa instituição, outra bem diferente é encontrar as ferramentas adequadas para avaliar e reportar o desempenho e o progresso face à sustentabilidade ambiental, social e económica da mesma. Existe um número relativamente alargado de ferramentas disponíveis para auxiliar as organizações na avaliação da sua sustentabilidade. De acordo com Dalan-Clayton e Bass (2002), três abordagens para medir a sustentabilidade podem ser consideradas: contabilística; narrativa; baseada em indicadores. A avaliação utilizando métodos contabilísticos implica a utilização de dados que deverão ser convertidos numa unidade de medição comum. A avaliação narrativa pressupõe a utilização combinada de texto, mapas, gráficos e tabelas. Por seu lado, a avaliação baseada em indicadores implica a utilização de diferentes tipos de informação organizados ao redor de um ou mais indicadores. Ness et al. (2007) propuseram uma outra classificação das ferramentas de avaliação da sustentabilidade: indicadores/índices; avaliação dos fluxos de energia e/ou materiais de produtos ou serviços numa perspetiva do ciclo de vida; ferramentas de avaliação integradas, normalmente relacionadas com a implementação de projetos e políticas. A análise de pegadas (Footprint) pode ser incluída na categoria de indicadores/índices. A pegada é uma avaliação quantitativa, normalmente (mas nem sempre) expressa em unidades de área, que descreve a apropriação de recursos naturais por parte dos humanos. Este tipo de ferramentas tem vindo a ser utilizada com alguma frequência na avaliação da sustentabilidade. Cucek et al. (2012) apresentaram uma revisão das análises de pegada utilizadas, dividindo as mesmas em cinco categorias: pegadas ambientais (carbono, energia, água, etc.); pegadas sociais – (Social, Direitos Humanos, Corrupção, etc.); pegadas económicas – (Financeira, Económica, etc.); pegadas combinadas (Exergia); e pegadas compostas (Ecológica, Índice de Processo Sustentável, Indicador de desempenho ambiental sustentável).

II.2.1 A ANÁLISE EMERGÉTICA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

A Análise Emergética (AEm) faz parte de uma teoria mais alargada desenvolvida por H.T. Odum sobre o funcionamento de sistemas ecológicos, sendo também aplicável a outros sistemas. A teoria emergética baseia-se (Cit. por BAKSHI e HAU, 2004): na associação dos princípios termodinâmicos à importância da energia na sobrevivência e desenvolvimento dos sistemas efetuada por Lotka; na teoria geral dos sistemas de Bertalanffy; e nos princípios da ecologia de sistemas do próprio Odum. O desenvolvimento da teoria emergética surgiu da perceção da importância da qualidade da energia e da necessidade de utilizar um denominador comum para os fluxos de energia de diferentes tipos. Odum utilizou o *“maximum power principle”*, como Lotka chamou à quarta lei da

termodinâmica, para desenvolver uma linguagem de sistemas energéticos para a termodinâmica de sistemas abertos. Quando a primeira grande crise energética surgiu na década de 1970, e à medida que se tornavam evidentes os impactos ambientais da atividade humana e em particular da utilização dos recursos energéticos fósseis, já Odum tinha percebido que as atividades económicas não são moldadas apenas pelas regras económicas mas também pelas restrições dos ecossistemas. Além disso, desenvolveu também a ideia de que a energia oferece uma base comum para integrar as ciências económica e ecológica (BAKSHI e HAU, 2004).

Pode ser conveniente visualizar o conceito de emergia como sendo a “memória energética” de um sistema. A emergia é definida como a energia disponível que foi anteriormente utilizada, direta ou indiretamente, para produzir um produto ou serviço e é contabilizada numa única unidade de energia (ODUM, 1996). A AEm é uma análise quantitativa que valoriza os recursos, bens ou serviços em unidades comuns de energia solar necessária para os fazer, medida através de emergia solar (*sej*) (BROWN e HERENDEEN, 1996). Para tal é necessário converter os *inputs* de um processo, incluindo diferentes tipos de energia e a energia inerente a diferentes materiais e serviços, em emergia recorrendo a um fator de conversão denominado de *Transformidade*. A *Transformidade* representa um conceito fundamental na AEm e é definida como sendo a emergia solar requerida para disponibilizar um Joule de um produto ou serviço (emergia por unidade de energia, i.e, *sej/J*). A relação entre a emergia de um combustível (Em_i) e o seu conteúdo energético (E_i) é dada pela sua transformidade (Tr_i):

$$Tr_i = \frac{Em_i}{E_i} \quad (\text{EQ I. 1})$$

As reticências iniciais sobre a teoria emergética foram-se dissipando ao longo dos anos. Na última década surgiram vários trabalhos científicos que abordam análises emergéticas, especialmente nos últimos 3 a 4 anos. A AEm resulta ser uma boa opção para obter indicadores de sustentabilidade para qualquer sistema, e assim ajudar no processo de tomada de decisão em questões energéticas, ambientais e sociais. A capacidade de a AEm avaliar recursos, bens e serviços sob uma única unidade de medição, possibilita que a mesma seja aplicada nos mais variados sistemas. Como resultado da revisão bibliográfica classificam-se as áreas de aplicação da AEm nas seguintes categorias: áreas territoriais; edifícios; processos industriais; informação e serviços.

A utilização da AEm à escala nacional/regional/urbana fornece uma visão única sobre a interface ambiente-economia de cada área territorial, permitindo a sua comparação através da utilização de índices de avaliação: intensidade de utilização de recursos, balanços comerciais, e sustentabilidade da produção. Odum (1996) apresentou uma metodologia que poderia ser utilizada para avaliar o desempenho emergético de nações e e/ou regiões, e testou o procedimento avaliando os Estados Unidos da América.

Posteriormente surgiram outros estudos realizados à escala nacional e/ou regional: a ilha de Taiwan foi analisada por Huang (1998) que conclui que a região alterou, em 50 anos, a sua economia rural baseada na produção de bens primários para uma outra altamente industrializada e com pouca autossuficiência no uso de energia; alguns estados norte-americanos foram alvo de uma AEm, nomeadamente o Estado do Maine (CAMPBELL, 1998), West Virginia (CAMPBELL *et al.*, 2004) e Minnesota (CAMPBELL e OHRT, 2009); Pereira (2008) realizou uma análise emergética ao Brasil; a análise emergética foi utilizada por Lomas et al. (2008) para avaliar o desempenho económico e ambiental da Espanha durante um período de 20 anos, e concluíram que apesar do aumento da área natural protegida e do orçamento disponível a sustentabilidade do país decresceu por culpa da construção associada a atividades turísticas; a integração da AEm com o método da pegada ecológica permitiu a Siche et al. (2010) avaliar a sustentabilidade do Perú; a região italiana de Abruzzo foi avaliada e os fluxos emergéticos foram representados espacialmente utilizando sistemas de informação geográfica (PULSELLI, 2010). O procedimento de avaliação proposto por Odum (1996), e que serviu de base para os estudos aqui referenciados, é suficientemente aberto para permitir várias fontes de inconsistência: indefinição nos processos de recolha e fontes de informação; inconsistência nos fatores de conversão de energia; transformidades inadequadas. Este facto torna a comparação do desempenho emergético entre nações e/ou regiões algo imprecisa. De maneira a ultrapassar esta dificuldade e a reforçar o poder e credibilidade da AEm das nações, Sweeney et al. (2007) desenvolveram uma base de dados global contendo a informação primária (relativa apenas ao ano 2000) e respetivas transformidades e fatores de conversão energéticos, possibilitando assim calcular os fluxos emergéticos de 134 países. O modelo apresentado era dinâmico, ou seja, poderia ser atualizado em relação aos dados primários e às transformidades utilizadas. Esta base de dados foi utilizada por Brown et al. (2009) para avaliar a sustentabilidade e eficiência de várias nações. Utilizaram o conceito de Índice de Sustentabilidade Emergética (EmSI) (BROWN e ULGIATI, 1997) como indicador multidimensional de sustentabilidade a longo prazo. A polaridade do EmSI é positiva, isto é, quanto maior o valor do indicador maior a sustentabilidade do sistema, tendo os autores concluído que a maioria dos países desenvolvidos têm EmSI baixos, enquanto os países em vias de desenvolvimento com pequenas economias possuem EmSI mais altos. Reduzindo a escala, o estudo de áreas urbanas através de análises emergéticas tem sido recorrente, nomeadamente na China: o desempenho emergético das cidades de Guangzhou e Shangai foi avaliada por Sui (2006); Lei et al. (2008) estudaram o impacto que o turismo, o sistema de tratamento de resíduos e a ligação comercial com a China tem na sustentabilidade da cidade de Macau; utilizando dados históricos (1990-2004) e um sistema de indicadores emergéticos, Yang et al. concluíram que os processos metabólicos urbanos de Beijing têm vindo a aumentar e que a cidade está excessivamente dependente de recursos não renováveis; uma nova metodologia de avaliação metabólica, integrando a AEm e a análise de ciclo de vida, foi

testada também utilizando a cidade de Beijing como estudo de caso (LI e WANG, 2009); um estudo conduzido por Yang et al. (2009a) comparou três grandes cidades chinesas – Shanghai, Beijing e Guangzhou – de acordo com a intensidade emergética, pressão ambiental e eficiência na utilização de recursos; um número alargado de cidades chinesas foi avaliado em relação à saúde dos ecossistemas urbanos utilizando um “índice emergético de saúde dos ecossistemas urbanos”.

A utilização de energia nos edifícios representa uma parte muito significativa da energia total utilizada no planeta. Além da energia consumida na fase de utilização do edifício ao longo do seu tempo de vida, as atividades relacionadas com a construção e manutenção do edifício apresentam também um grande consumo de recursos e consequente impacto no ambiente e ecossistemas. O desempenho emergético de um edifício universitário foi avaliada por Meillaud et al. (2005). Os autores não consideraram a fase de construção do edifício mas contabilizaram o fluxo de informação que caracteriza um edifício universitário. A informação é o fluxo de entrada mais significativo do edifício, representando quase 95% do fluxo total de energia anual. Excluindo a informação, o consumo de eletricidade é o maior input do sistema. Um edifício italiano com características construtivas comuns a muitos outros edifícios europeus foi avaliado com indicadores emergéticos (PULSELLI *et al.*, 2007). A avaliação englobou as três fases do ciclo de vida de um edifício – construção, utilização e manutenção – mas não contabilizou fluxos de informação. Considerando um tempo de vida do edifício de 50 anos, a fase de construção é responsável por 50% do fluxo anual de energia, a fase de manutenção representa 35% e a utilização do edifício corresponde a 15%. Pulselli et al. (2009) realizaram uma análise custo-benefício de diferentes fachadas de edifícios em função da sua localização geográfica. Utilizaram duas abordagens para avaliar as diferentes fachadas: uma análise energética e outra emergética. Os métodos fornecem resultados diferentes mas complementares. O conceito de “Net Zero Energy Building” foi alargado por Srinivasan et al. (2012) utilizando a AEm. O método proposto pelos autores possibilita a identificação dos recursos não renováveis, utilizados nas fases de construção, manutenção e utilização do edifício, que são passíveis de ser substituídos por recursos renováveis. Deste modo, é possível encontrar um “potencial máximo de energia renovável” para qualquer edifício.

A indústria desempenha um papel importante no desenvolvimento económico porque fornece grande parte da energia e matéria utilizada na sociedade, ainda que para tal utilize grandes quantidades de recursos económicos e ambientais. Nesse sentido vários processos industriais têm sido avaliados utilizando a AEm. A transformação de energia tem sido alvo deste tipo de avaliações. Vários processos responsáveis pela geração de eletricidade foram avaliados: seis diferentes sistemas produtores de eletricidade foram avaliados e classificados de acordo com a sua eficiência termodinâmica e ambiental

(ULGIATI e BROWN, 2002). Utilizando o EmSI, os autores concluíram que as centrais que utilizam fontes de energia renovável são mais sustentáveis que as centrais térmicas que consomem combustíveis fósseis. A avaliação emergética foi também utilizada para analisar a utilização de biomassa como matéria-prima para produção de biocombustíveis: Nilsson (1997) avaliou a utilização de biomassa como combustível num sistema de *district heating*; a produção de bioetanol a partir de milho, trigo e cana-de-açúcar foi avaliada, respetivamente, por Brown et al. (BROWN e ULGIATI, 2004), Dong et al. (2008) e Pereira et al. (2010); a utilização de resíduos de cana-de-açúcar para produção de biocombustível foi avaliado por Alonso-Pippo (2004); a produção de biodiesel a partir de óleo vegetal foi analisada por Liu Sheng (2007) e Cavalett (2010). Zhang et al. (2010) reviram estas avaliações emergéticas e concluíram que a produção de biocombustíveis é insustentável. Goh et al. (2010) analisaram o cenário que contemplava a substituição de todo o combustível fóssil utilizado no sector dos transportes na Malásia por biocombustível baseado em óleo de palma. Concluíram que apesar do baixo EmSI do biocombustível, 8% da área total utilizada para produzir óleo de palma seria suficiente para atender a todas as necessidades de combustível no sector dos transportes, e como tal a sua utilização seria uma opção a ter em conta para precaver um cenário de crise energética. Uma metodologia que integra a AEm e a avaliação ambiental estratégia foi utilizada para avaliar 5 cenários de aplicação de políticas na indústria do papel na China (REN *et al.*, 2010). Um método baseado na avaliação emergética foi utilizado para analisar a utilização de recursos na indústria chinesa entre 1997 e 2006 (ZHANG *et al.*, 2011). O estudo mostra que o consumo de recursos quase duplicou no período em causa e que a tendência é para aumentar o consumo de recursos não renováveis com consequente aumento da pressão ambiental na área. Mu et al. propuseram a alteração dos índices de avaliação emergética tradicional (EYR, EIR e EIS) de modo a incorporar e contabilizar na análise os custos e benefícios da gestão de resíduos. Os novos indicadores foram aplicados no processo comercial de produção de polietileno. A atividade agrícola tem sido também um alvo privilegiado das avaliações emergéticas. A produção agrícola chinesa foi avaliada para o período 1980-2000 (CHEN *et al.*, 2006). Os resultados mostram uma transição da agricultura tradicional para um processo industrial baseado no consumo de recursos não renováveis (mas ainda assim com um desempenho melhor do que as atividades agrícolas desenvolvidas na Itália e na Suíça). Marchettini (2007) comparou três formas de tratamento de resíduos (aterro, inceneração, e compostagem) e concluiu que o depósito de resíduos em aterro é a pior opção do ponto de vista emergético; A sustentabilidade de sistemas agrícolas tradicionais e industriais foi avaliada por Zhang et al. (2012) utilizando a AEm. Apesar dos melhores desempenhos económicos, os sistemas industrializados apresentem uma tendência insustentável no seu desempenho.

A AEm pode ser utilizada para medir informação e trabalho humano. A informação torna-se útil quando possibilita que um sistema seja funcional, como é o código genético nos

organismos vivos, a organização nos sistemas ecológicos, ou a informação cultural nas sociedades humanas. Em termos emergéticos, desenvolver nova informação requer normalmente grandes quantidades de energia e pouca energia para a divulgar (livro de papel ou as ondas de rádio), o que significa que a informação é um recurso com alta transformidade. Para além disso, como outras estruturas, a informação encontra-se termodinamicamente longe do equilíbrio e portanto aplica-se a segunda lei – a informação degrada-se e perde-se. Nesse sentido, e de forma a ser preservada, a informação deve ser copiada, corrigida, substituída e armazenada (é o ciclo de manutenção da informação, segundo Odum). Poucos estudos têm abordado a avaliação da informação e/ou a formação de conhecimento. A transformidade do ser humano foi calculada por Odum. Ele baseou o cálculo na definição de uma hierarquia de seis níveis, onde os quatro primeiros representam diferentes níveis de educação e os outros dois representam pessoas que atingem níveis de notoriedade pública e que deixam legado intelectual. Ele dividiu a energia total utilizada nos EUA pelo número de pessoas que se inseria em cada categoria calculando assim a transformidade humana. Este método foi revisto por Abel (2010). Utilizando pressupostos diferentes (população e orçamento emergético à escala mundial e diferente classificação hierárquica) os seus cálculos resultaram numa disparidade no valor de transformidade maior entre o nível mais baixo e mais alto. As universidades desempenham um papel fundamental na manutenção e transmissão de conhecimento mas também na criação de nova ciência, arte, literatura e conceitos. A manutenção de conhecimento ocorre através da reprodução de informação nos livros, alunos e outros agentes da sociedade. O novo conhecimento gerado sofre um processo de validação ao ser lançado para o exterior e, em última instância, adotado pela sociedade, tornando-se assim informação partilhada. Odum utilizou a AEm para perceber o papel da universidade e o seu lugar hierárquico na sociedade em que se insere. Segundo o autor, as universidades têm uma posição elevada na hierarquia das organizações sociais, o que significa que necessitam de uma grande fatia do orçamento emergético do sistema em que se insere. Ao analisar a Universidade de Flórida, ficou claro que, do ponto de vista emergético, a informação era o recurso mais valioso no sistema. Por fim, Odum sugeriu que a educação, especialmente em tempos de escassez de recursos, deve ser mais centrada em princípios básicos, ainda que sem perder algumas especificidades essenciais.

Numa tentativa de ultrapassar alguns dos inconvenientes e limitações da AEm, alguns autores desenvolveram metodologias que permitem contornar essas dificuldades fundindo esta técnica com outras. Alguns autores optaram por convergir a Pegada Ecológica com a AEm (SICHE *et al.*, 2010, ZHAO *et al.*, 2005). A ideia consistia em aproveitar os pontos fortes de ambas abordagens permitindo assim desenvolver uma nova metodologia mais apropriada para avaliar a sustentabilidade de nações. Tal como Hau e Bashkin (2004) sugeriram, há potencialidades a ser exploradas na interação entre

ACV e AEm. Outros autores optaram por cruzar as potencialidades da ACV e da AEm para avaliar parques naturais (DUAN *et al.*, 2011), áreas urbanas (LI e WANG, 2009) ou uma quinta de vinicultura (PIZZIGALLO *et al.*, 2008).

II.2.2 A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM IES

A utilização das ferramentas tradicionais de avaliação de sustentabilidade nas IES tem sido definido como um processo complexo (LOZANO, 2006b) fundamentalmente devido à sua principal competência de formar e educar profissionais, futuros líderes e decisores. Devido a esta especificidade das IES, duas abordagens têm sido utilizadas para avaliar o grau de sustentabilidade de estabelecimentos de ensino superior: adaptação de métodos de avaliação generalista; métodos específicos de avaliação de IES.

Cole (2003) adaptou o conjunto de indicadores desenvolvido para avaliar o bem-estar de nações (PRESCOTT-ALLEN, 2001) de modo a criar o “*Campus Sustainability Assessment Framework*” (CSAF), que utilizou para avaliar a sustentabilidade de um campus universitário no Canadá. Ainda segundo Cole, o método de avaliação do bem-estar das nações apresentava como vantagens a estrutura rigorosa e transparente, a flexibilidade, a agregação dos indicadores num índice e o tratamento da dimensão humana e ecológica de igual forma. A metodologia CSAF utiliza 175 indicadores, “*benchmarks*” de curto e longo prazo para cada indicador e no final utiliza um processo de agregação que resulta num índice de sustentabilidade do campus. A associação de universidades ISCN desenvolveu uma metodologia de avaliação baseada nas diretrizes “*Global Reporting Initiative*” (GRI) (INTERNATIONAL SUSTAINABLE CAMPUS NETWORK, 2010). Deste modo, as universidades pertencentes à ISCN podem, facilmente, desenvolver um relatório de sustentabilidade certificado pela GRI.

Outros investigadores optaram por criar ferramentas de avaliação especialmente direcionadas ao contexto universitário. Schriberg (2002) analisou 11 destas metodologias e notou que as ferramentas convergem num conjunto de parâmetros: todos eles realçam a necessidade de reduzir o uso de recursos; a introdução de cursos específicos de sustentabilidade é necessário e valioso, mas as ferramentas mais completas recomendam a introdução da sustentabilidade na generalidade de cursos e curricula; é fundamental avaliar o progresso, investigação, operações e serviços prestados; as ferramentas mais avançadas permitem a comparação entre outras instituições. O “*Auditing Instrument for Sustainability in Higher Education*” (ROORDA, 2001) destaca-se no trabalho de Schriberg como a ferramenta mais completa e complexa. Engloba a componente operacional da organização, mas também aborda a dimensão formativa das IES. A sua abordagem é aliás muito mais focalizada na educação da sustentabilidade do que nos aspetos ambientais da operação da organização. O programa “*Sustainability Tracking, Assessment and Rating System*” (STARS) (AASHE, 2010c) foi criado depois do estudo de Schriberg. Esta

ferramenta foi desenvolvida pela AASHE, com larga participação da comunidade acadêmica. O programa STARS é de aplicação voluntária, baseado numa metodologia de relatar para reconhecer e avaliar os esforços e progressos das instituições rumo à sustentabilidade. É composto por um sistema de classificação baseado em créditos igualmente distribuídos por três categorias: Educação e Investigação; Planeamento, Administração e Engagement; e Operações. A classificação de uma instituição resulta da média da percentagem dos pontos aplicáveis em cada uma das categorias (AASHE, 2010b). Uma avaliação adequada da sustentabilidade nas IES deve incluir a sua dimensão educativa, devido à sua capacidade e responsabilidade de educar e formar. Se existem ferramentas de avaliação que abordam, mais ou menos aprofundadamente, a dimensão educacional, outras não a mencionam sequer. Devido à importância e dificuldade de avaliar o desempenho das IES nesta dimensão, o *BRASS Research Centre of Cardiff University* desenvolveu uma ferramenta específica (*Sustainability Tool for Auditing Curricula in Higher Education – STAUNCH*®) para avaliar as disciplinas, os cursos e as escolas das IES em relação à sua contribuição para um desenvolvimento sustentável. Esta ferramenta analisa os documentos publicados sobre a disciplina ou curso, e assim avalia a profundidade e amplitude de cobertura das questões de sustentabilidade no ensino. Cada curso é avaliado de acordo com um conjunto de 36 critérios, agrupados em quatro temas (economia, ambiental, social e transversal). Em seguida, cada critério é avaliado no que diz respeito à sua relação com a descrição do curso, utilizando quatro níveis para avaliar a força dessa relação. Esta metodologia foi utilizada num estudo piloto, em 19 das 28 escolas da *Cardiff University*, totalizando mais de 5800 descrições de disciplinas (LOZANO, 2009). As principais conclusões do estudo foram: apenas um terço do total de disciplinas da *Cardiff University* estão de algum modo relacionadas com desenvolvimento sustentável; entre estas, os aspetos sociais foram os mais comuns; os aspetos ambientais apresentaram o menor foco nessas disciplinas; e a força da contribuição das disciplinas era maioritariamente baixo. Lozano fez, mais tarde, uma análise mais profunda destes resultados usando uma combinação de teoria da difusão da inovação com o pensamento sistémico (LOZANO, 2010). A análise indicou que a contribuição global de uma disciplina, curso ou escola depende das interconexões e sinergias que existem entre os temas económicos, ambientais, sociais e transversais. Isto significa que a escola classificada como "inovador" numa dimensão particular, pode não ter a mesma classificação quando se considera o seu desempenho global. Os resultados mostram também que as escolas dependem da compartimentalização, do excesso de especialização e do reducionismo. Isto pode resultar em escolas de excelência numa determinada disciplina e até nas suas contribuições para uma dimensão particular do desenvolvimento sustentável, mas negligenciam o potencial da contribuição de outras disciplinas e dimensões.

As ferramentas descritas acima pretendem avaliar o desempenho de sustentabilidade dentro de cada organização, medindo e comunicando um conjunto de itens relacionados

com a sua sustentabilidade. Alguns esforços têm também sido feitos para avaliar não o desempenho em si, mas antes o processo de avaliação e relatório usado por diversas universidades. O *“National Wildlife Federation’s State of the Campus Environment”* (MCINTOSH *et al.*, 2001) foi descrito por Schriberg, em 2001, como "a ferramenta mais abrangente e ambiciosa até à data". O objetivo a longo prazo do programa era caracterizar a nível nacional o desempenho ambiental das escolas e universidades norte-americanas através de uma avaliação em larga escala. O programa não pretende classificar o desempenho das instituições, mas antes reconhecer e avaliar o esforço coletivo dos colégios e universidades na área da gestão, nas suas atividades operacionais e no campo académico. Em 2008 foi elaborado um *update* da avaliação, abrangendo mais de 25% de todos os colégios e universidades dos EUA (MCINTOSH *et al.*, 2008). Este documento analisa as tendências no desempenho das instituições de educação, realçando uma melhoria global nas áreas da gestão e operacional face à última avaliação. No entanto, as instituições parecem ter negligenciado o seu papel de dotar os seus alunos com ferramentas para liderar a resolução das complexas questões interdisciplinares do nosso tempo. O *“Princeton Review’s Guide to Green Colleges”* (2012) é um relatório publicado anualmente que visa proporcionar aos alunos informação esclarecedora e às vezes difícil de obter sobre quão “verdes” e comprometidas estão as IES com o conceito de sustentabilidade. Para elaborar o relatório foi realizado um inquérito a 2000 administrações escolares, indagando sobre três questões principais: se os alunos têm uma qualidade de vida que é saudável e sustentável no campus; como a escola está preparando os seus alunos para a *economia verde* no século XXI, bem como para a cidadania num mundo agora definido por preocupações e oportunidades ambientais; e quão ambientalmente responsável é a política da escola. Apesar de o relatório conter informações estatísticas sobre as escolas, não apresenta uma lista hierárquica das IES mais "verdes", ou aquelas com as "melhores" práticas de sustentabilidade. Com o mesmo objetivo, Lozano adaptou a metodologia GRI de modo a ser utilizada no ambiente universitário, adicionando indicadores para a dimensão “Educação” que não estão previstos para a metodologia GRI tradicional. Resultou deste processo o *Graphical Assessment of Sustainability in Universities* (GASU) (LOZANO, 2004). A GRI apresenta um conjunto vasto e completo de indicadores, facto que o autor indicou como importante na escolha desta metodologia. Ainda assim, o autor considera o elevado número de indicadores como uma vantagem apenas até certo ponto, uma vez que torna a comparação e o “benchmark” do desempenho da instituição difícil de realizar. Por esta razão o autor propõe uma metodologia baseada em gráficos “radar” que possibilita a comparação da situação atual de uma instituição com uma no passado, assim como permite realizar “benchmark” do seu desempenho com outras instituições que utilizam a mesma ferramenta de avaliação. A GASU utiliza 126 indicadores que são classificados de acordo com o nível da qualidade da informação patente nos relatórios de sustentabilidade das IES. Mais tarde, Lozano (2011) utilizou a ferramenta para avaliar

relatórios de sustentabilidade de 12 IES, baseados nas diretrizes GRI. Os resultados mostraram que as universidades tendem a concentrar-se nas dimensões económica e ambiental nos relatórios de sustentabilidade, seja por causa da forte conotação ambiental da sustentabilidade, ou porque as questões ambientais são mais fáceis de medir, ou ainda porque os países desenvolvidos tendem a estar mais preocupados com as questões ambientais do que com as questões sociais. Os relatórios de sustentabilidade das universidades apresentaram a dimensão da Educação como a menos abordada, principalmente porque esta não existe nas orientações oficiais da GRI.

II.3 DISCUSSÃO DO ESTADO DA ARTE

As IES têm vindo a trilhar o seu caminho no sentido de adotar e promover o conceito de desenvolvimento sustentável. Como organizações importantes da sociedade, acompanharam as preocupações ambientais, sociais e económicas que têm resultado, fundamentalmente, de crises energéticas mais ou menos graves ao longo do último meio século. Se numa primeira fase, as IES se limitaram a assumir declarações de intenção no sentido de atuar a este nível, decorreu depois um largo hiato até que as organizações começassem a trabalhar na implementação de práticas sustentáveis nas suas instalações e na disseminação do conceito de desenvolvimento sustentável. No ponto II.1 deste capítulo desagregaram-se as práticas sustentáveis utilizadas pelas IES para implementar e gerir a sustentabilidade nas suas atividades em dois grupos: 1) Ferramentas Operacionais e 2) Ferramentas de Gestão. As primeiras incluem esforços direcionados para as atividades operacionais dos campus universitários, como o consumo de energia e de água em edifícios do campus, e as segundas referem-se à implementação de Sistemas de Gestão Ambiental (ISO 14001 e EMAS) em universidades como uma ferramenta para gerir as questões ambientais e, assim, abordar a sustentabilidade no campus.

Apesar do digno contributo da gestão ambiental e/ou das medidas de eficiência energética implementadas nas universidades, o foco sobre a gestão dos aspetos ambientais e/ou energéticos não é suficiente quando uma organização procura a sustentabilidade. A gestão da sustentabilidade exige às organizações a integração de metas ambientais, sociais e económicas no processo de decisão. A consciência da necessidade de uma abordagem mais ampla para a busca da sustentabilidade resultou no aparecimento de novos modelos para gerir a sustentabilidade, alguns deles especificamente orientados para as universidades. No ponto II.1.2 foram apresentados dois modelos semelhantes, que pretendem funcionar como quadro de referência para a implementação da sustentabilidade. Os dois modelos adotam estratégias para atuar nas quatro dimensões das IES: Ensino; Investigação; Operação; e Cooperação com a comunidade.

A implementação de um conjunto de medidas ou ações com o intuito de promover a sustentabilidade numa instituição torna pertinente avaliar o sucesso da mesma tendo em conta um espectro alargado de critérios ambientais, sociais e económicos. No ponto II.2. foram abordadas ferramentas adequadas para avaliar e reportar o desempenho e o progresso face à sustentabilidade ambiental, social e económica da mesma. A natureza específica das IES torna estas organizações pouco talhadas para serem avaliadas utilizando ferramentas generalistas de avaliação da sustentabilidade. Neste sentido, as ferramentas que têm sido utilizadas para avaliar o grau de sustentabilidade de estabelecimentos de ensino superior podem dividir-se em duas categorias: adaptações de

métodos de avaliação generalistas; métodos específicos de avaliação de universidades. Apesar de todos e cada um dos métodos apresentarem vantagens e desvantagens, uma avaliação da sustentabilidade deve: identificar as questões importantes; ser calculável e comparável; atuar para além da eco-eficiência; medir processos e motivações; ser inteligível.

A capacidade de avaliar de igual modo energia, matéria e informação torna a AEm uma ferramenta atrativa para realizar a avaliação da sustentabilidade. A utilização de uma única unidade quantitativa para valorizar os recursos, bens ou serviços (unidades comuns de energia solar necessária para os fazer, medida através de energia solar – *sej*) funciona como um grande contributo para simplificar o processo de avaliação de sistemas ecológicos e/ou económicos e/ou sociais. A aplicação da AEm tem vindo a difundir-se nos últimos anos, nomeadamente na avaliação da sustentabilidade de edifícios (LI *et al.*, 2011a, MEILLAUD *et al.*, 2005, PULSELLI *et al.*, 2007), indústrias (FENG *et al.*, 2011), sistemas de produção de energia (ULGIATI e BROWN, 2002, ZHANG e LONG, 2010), cidades (HUANG, 1998, LEI *et al.*, 2008, YANG *et al.*, 2009a, YANG *et al.*, 2009b, YANG *et al.*, 2009c) e países (BROWN *et al.*, 2009, LOMAS *et al.*, 2008, SICHE *et al.*, 2010, TILLEY e COMAR, 2006). Ao longo dos anos, tem sido claro o esforço empregue para provar a validade da AEm, nomeadamente através da sua utilização conjunta com outras metodologias ou técnicas cientificamente mais consolidadas. No subcapítulo II.2.1 podemos encontrar exemplos dessa combinação: uma metodologia híbrida entre a ACV e a AEm para avaliar áreas urbanas (LI e WANG, 2009); a integração da AEm com sistemas de informação geográfica (SIG) para monitorizar a utilização de recursos numa região (PULSELLI, 2010); a aplicação de AEm na estrutura de Avaliação Ambiental Estratégica (REN *et al.*, 2010); uma metodologia baseada na Pegada Ecológica e a AEm para avaliar a sustentabilidade de países (SICHE *et al.*, 2010).

CAPÍTULO III – FERRAMENTAS DE APOIO À GESTÃO DAS ORGANIZAÇÕES

Neste Capítulo são apresentadas e descritas as ferramentas de apoio à gestão das organizações, as suas vantagens e limitações, e que servirão de base para o modelo do sistema de gestão da sustentabilidade de organizações apresentado no próximo Capítulo.

Num primeiro ponto apresenta-se o modelo dos sistemas de gestão normalizados e a principal característica dos mesmos: o conceito de melhoria contínua do sistema. O Business Scorecard é descrito no ponto seguinte realçando a capacidade da ferramenta em transferir o ponto de vista estratégico de gestão para a esfera operacional. Por fim, é explicado o conceito de emergência e a teoria que o sustenta. A avaliação emergética é ainda apresentada como uma potencial ferramenta de avaliação da sustentabilidade de sistemas.

III.1. SISTEMAS DE GESTÃO NORMALIZADOS

A normalização pode ser definida como uma atividade que procura colocar uma certa ordem nas aplicações repetitivas que ocorrem no campo industrial, tecnológico, científico ou económico (DALE, 2003). As regulações e especificações técnicas que resultam do processo de normalização facilitam o intercâmbio económico graças à eliminação de obstáculos que poderiam resultar de diferentes práticas e normas nacionais. O fenómeno de globalização social e económica resultou, nas últimas décadas, no aparecimento de normas desenvolvidas por agências especializadas. Na China, por exemplo, a entrada nos mercados internacionais de muitas empresas constitui a principal razão para a implementação da norma ISO 14000 (TAN, 2005, ZENG *et al.*, 2005a). É também comum que empresas certificadas pelas normas ISO 9001 e/ou ISO 14001 tendam a considerar a certificação nesses âmbitos como um pré-requisito para manter relações negociais com outras empresas (KHAN, 2008). Desde a década de 1980 que as agências de normalização têm colocado esforços na sistematização da implementação de sistemas de gestão de negócio que permitam: melhorar a qualidade do serviço prestado ou do produto, prevenir acidentes laborais, promover a responsabilidade social das organizações, avaliar o impacto ambiental.

As normas para a implementação de sistemas de gestão da qualidade (SGQ) e do ambiente (SGA) desenvolvidas pela *International Standard Organization* (ISO) têm sido adotadas com êxito por um largo número de instituições em todo o mundo – em 2007, tinham sido emitidos cerca de um milhão de certificados SGQ e 150000 certificados SGA (ISO, 2007). Ainda assim, este valor tem-se mantido mais ou menos constante nos últimos anos apenas devido ao aumento de organizações certificadas nos países em vias de

desenvolvimento (como a China, Brasil ou Índia). Isto porque se tem vindo a verificar um processo de “descertificação” nas economias mais desenvolvidas – Reino Unido, Alemanha ou Austrália (CASADESÚS *et al.*, 2008). Este fenómeno de descertificação tem sido estudado de modo a encontrar justificação para a ocorrência do mesmo: o aumento de organizações certificadas terá conduzido à perda do valor intrínseco dos certificados (CASADESÚS *et al.*, 2008); o papel que os subsídios governamentais podem ter no processo de “descertificação” (DELMAS, 2002, POTOSKI e PRAKASH, 2004); a possível falta de confiança que os agentes económicos podem ter no sistema de certificação (CASADESÚS e KARAPETROVIC, 2005).

As três normas de sistemas de gestão mais comuns são as SGQ, SGA e sistemas de gestão da segurança e saúde ocupacional (OHSAS 18001) (KARAPETROVIC e CASADESÚS, 2009, WILKINSON e DALE, 1999). O desenvolvimento destas normas e as suas contínuas revisões tornaram as normas de gestão mais compatíveis com referências cruzadas e integração dos elementos comuns dos diferentes sistemas (JØRGENSEN *et al.*, 2006). A integração dos diferentes sistemas de gestão coloca-se no sentido em que: a) as metodologias usadas para a criação, estruturação, implementação e verificação das diferentes normas de sistemas de gestão são muito similares; e b) a adoção de duas ou mais normas numa única organização é comum, motivados pelo mercado e/ou internamente. A ISO publicou o livro "Uso integrado das normas de sistema de gestão", que contém "orientação sobre como integrar as exigências de múltiplas normas (ISO ou não) com o sistema de gestão da sua organização" (ISO, 2008).

A utilização de sistemas de gestão normalizados, e eventualmente certificados, que cobrem as áreas da qualidade, ambiente, segurança e saúde ocupacional e responsabilidade social são um indicador de responsabilidade da organização em relação à sua competitividade e imagem. Quatro sistemas de gestão normalizados são apresentados a seguir, focando as mudanças recentes no sentido de uma maior compatibilidade entre as mesmas.

As duas primeiras edições da série ISO 9000 (1987 e 1994) estavam focadas em criar e manter um sistema de gestão que permitisse controlar e manter a qualidade desejada do produto. Isso era alcançado especificando a política, procedimentos e instruções num manual de qualidade. Após a revisão do ano 2000, a atenção virou-se para a satisfação dos clientes e o conceito de melhoria contínua. A preocupação com a satisfação das necessidades dos clientes obriga a organização a ser mais orientada para a cadeia de produtos em que opera. Os seguintes oito princípios representam os alicerces da versão ISO 9001:2000 (IPQ., 2000, ZENG *et al.*, 2005b): (1) organizações focadas no cliente; (2) liderança; (3) o envolvimento das pessoas; (4) abordagem de processo, (5) abordagem sistémica da gestão; (6) melhoria contínua (7); abordagem factual para tomada de decisões; (8) relacionamento mutuamente benéfico com fornecedores. A ISO 9001:2000

também contém referência aos esforços realizados no sentido da compatibilidade com a norma ISO 14001:1996 "para o benefício da comunidade de utilizadores" (IPQ., 2000).

A família de normas de gestão ambiental ISO 14000 inclui notas de orientação e especificações para: implementar sistema de gestão ambiental; efetuar avaliação de rotulagem; conduzir auditorias e avaliar o desempenho ambiental; contabilizar e verificar emissões de gases de efeito estufa; e realizar análise do ciclo de vida de produtos. A norma ISO 14001 é o núcleo da série ISO 14000. Fornece uma abordagem sistemática para implementar um SGA nas organizações, e permite controlar o impacto das suas atividades, produtos ou serviços no ambiente natural (ORECCHINI, 2000). Um sistema de gestão ambiental é “parte de um sistema de gestão da organização usado para desenvolver e implementar sua política ambiental e para gerir seus aspetos ambientais” (IPQ., 2006). Foi publicada pela primeira vez em 1996, e uma versão revista foi publicada em Novembro de 2004. Um dos principais objetivos da revisão de 2004 foi melhorar a coerência com a norma ISO 9001:2000 (JØRGENSEN *et al.*, 2006). Desde a criação da ISO 14001, um grande número de organizações adotou a norma em todo o mundo. Este período de implementação da ISO 14001 apresenta, claramente, um saldo positivo. É sabido que o comportamento ambiental das organizações melhora muito com a adoção de um SGA padronizado, uma vez que desse modo são induzidas a rever e documentar sistematicamente os aspetos ambientais significativos e a cumprir os regulamentos existentes (AMMENBERG *et al.*, 2002). No entanto, algumas falhas foram apontadas a esta norma:

- As melhorias no desempenho ambiental da organização tornam-se uma questão secundária por causa do foco da norma sobre os procedimentos de gestão (BANSAL e BOGNER, 2002).
- Os requisitos mínimos de poluição não são definidos pela norma. Em vez disso, dependem de regulamentação ambiental nacional (KRUT e GLECKMAN, 1998).
- Atualmente, a norma pode facilmente ser considerada um instrumento de mercado e não uma ferramenta de melhoria da qualidade ambiental (KRUT e GLECKMAN, 1998).
- Foram levantadas dúvidas sobre se a ISO 14001 pode dar um impulso para a prevenção da geração de resíduos e de redução de emissões (ILOMÄKI e MELANEN, 2001).
- Não está claro que a adoção da ISO 14001 promova uma cultura de cuidados ambientais inovadores (MOXEN e STRACHAN, 2000).

A norma OHSAS 18001 foi formulada por organismos de certificação internacional com base na BS 8800 e foi publicada pela primeira vez em 1999 (JØRGENSEN *et al.*, 2006). Tem como objetivo criar e manter um ambiente de trabalho seguro, além de proteger e

manter a boa saúde dos trabalhadores (ZENG *et al.*, 2007). A norma não estabelece critérios específicos de desempenho de segurança e de saúde ocupacional, nem fornece especificações detalhadas para a concepção de um sistema de gestão. Para uma organização cumprir com a OHSAS 18001 terá que: (1) estabelecer um Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho (SGSST) para minimizar os riscos para seus empregados e outras partes interessadas; (2) implementar, manter e melhorar continuamente um SGSST; (3) assegurar-se de sua conformidade com sua política de SST declarada; (4) demonstrar tal conformidade a terceiros; (5) certificar/registrar o seu SGSST por uma organização externa; (6) fazer uma autodeterminação e a declaração de conformidade com as especificações da norma (PUN e HUI, 2002). A norma OHSAS 18001 foi desenvolvida para ser compatível com a norma ISO 9001:1994 e ISO 14001:1996, a fim de facilitar a integração dos sistemas de gestão da qualidade, ambiente, bem como saúde e da segurança no trabalho, caso as organizações o desejem fazer.

De acordo com a ISO 14001, a eficiência energética é uma parte integrante do SGA. O regulamento EMAS (European Eco-Management and Audit Scheme) considera a energia como um fator ambiental igual aos outros (descarga de efluentes, emissões para a atmosfera, geração de resíduos, etc.). Embora a utilização de energia seja frequentemente citada como um indicador ambiental, a gestão de energia não tem sido alvo de uma abordagem sistemática nos SGA. Por exemplo, ao longo de todos os 21 artigos e 5 anexos, o texto do Regulamento EMAS menciona explicitamente energia apenas quatro vezes (AMUNDSEN, 2000). Um estudo de Amundsen (2000), analisando 13 empresas norueguesas registradas no EMAS, relatou que apenas 41% têm energia explicitamente mencionada no seu sistema de gestão. Outro estudo (CHRISTOFFERSEN *et al.*, 2006) baseado na indústria dinamarquesa revelou as seguintes motivações para alcançar a eficiência energética: redução dos custos - 76%; preocupação ambiental - 26%; ganhar imagem como uma empresa verde - 16%, e apenas 11% vêm a gestão de energia como um elemento natural na gestão ambiental. Este cenário levou alguns países a desenvolver as suas próprias normas de gestão de energia (Dinamarca, Irlanda, Suécia, EUA entre outros). Um relatório recente compara diferentes sistemas normalizados de gestão de energia existentes em sete países (MCKANE *et al.*, 2008). As normas ISO 14001/2004 e ISO 9001/2000 também foram incluídas na análise, porque elas formam a base para muitas das normas de gestão nacional para a energia. As principais conclusões do relatório:

- Os elementos que incidem sobre as melhores práticas dos sistemas de gestão mostraram elevado grau de semelhança e de acordo;
- Os requisitos/elementos que têm o menor nível de concordância estão nas fases "plan" e "do" do ciclo de melhoria contínua.

- As principais diferenças ocorreram nos elementos mais técnicos das normas (compromisso de gestão, planeamento estratégico, gestão de dados de Energia/perfil energético/aspectos de energia, etc.).

A norma ISO 50001:2011 foi entretanto criada e serve para guiar a implementação de sistemas de gestão de energia em indústrias, edifícios comerciais e outras instituições. Uma das principais características da norma é a sua compatibilidade com os outros sistemas de gestão (ISO 9001 e ISO 14001). De forma semelhante, a União Europeia desenvolveu e publicou a norma EN 16001 - Requisitos e orientação para os Sistemas de Gestão de Energia. Tal como a ISO 50001, esta norma europeia pretende harmonizar com as outras normas de sistemas de gestão, nomeadamente através da utilização do Ciclo de Deming (*Plan-do-check-act*) e do conceito de melhoria contínua. Implementar um SGE exige essencialmente a sistematização de métodos de eficiência energética, resultando na economia de energia mensurável a longo prazo e consequente diminuição de custos, bem como no aumento da eficiência nos processos. De acordo com um relatório do Ministério Alemão do Meio Ambiente (KAHLENBORN *et al.*, 2010), as organizações podem economizar até 10% nos custos de energia identificando de forma sistemática os pontos fracos no consumo de energia. Tanto do ponto de vista da procura como da oferta, um SGE apoia a avaliação de emissões de CO₂.

O meio empresarial tem vindo a interessar-se pelo conceito de responsabilidade social. A incorporação do conceito na gestão das organizações é visto como um passo importante para obter vantagens competitivas sustentáveis. A norma SA 8000 criou uma linguagem comum para a avaliação do cumprimento de requisitos baseados nos regulamentos internacionais de direitos humanos e na legislação laboral (SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL, 2008). De acordo com as orientações da SA 8000, as organizações devem implementar um sistema de gestão que assegure: a não utilização de trabalho infantil; a não utilização de trabalhos forçados; condições de higiene e segurança dos trabalhadores; liberdade de associação a sindicatos de trabalhadores; a não ocorrência de discriminação; a não utilização ou apoio de práticas disciplinares por parte dos empregadores; o pagamento, no mínimo, do salário mínimo; tempo de trabalho limitado às 48h/semana. Em 2010, a International Standard Organization publicou a norma ISO 26000 para auxiliar organizações de todos os tipos (do setor público e privado; de economias desenvolvidas, em desenvolvimento ou em transição) a operar de modo socialmente responsável (ISO, 2010). Esta norma, ao contrário das normas relativas ao SGA ou SGQ, contém apenas linhas de orientação e não requisitos, pelo que não está sujeita a certificação. A ISO 26000 assenta em 7 princípios fundamentais: governança organizacional; direitos humanos; práticas laborais; ambiente; comércio justo; preocupações do consumidor; envolvimento e desenvolvimento da comunidade.

III.1.1 MELHORIA CONTÍNUA

A melhoria contínua é um conceito central dos sistemas de gestão normalizados. Este assenta na implementação de um modelo de gestão baseado no ciclo *Plan-Do-Check-Act*, podendo ser considerado o motor dos sistemas de gestão (Figura III - 1). Mas, em contraste com a especificação de outros elementos, este carece de uma definição operacional e de como ela deve ser avaliada (BROUWER e VAN KOPPEN, 2008). De acordo com a norma ISO 14001, por exemplo, “melhoria contínua” é “um processo de melhoria do sistema de gestão ambiental para alcançar melhorias no desempenho ambiental global consistente com a política ambiental da organização” (IPQ., 2006). Esta definição implica dois aspetos importantes (BROUWER e VAN KOPPEN, 2008):

- **Medir a melhoria do desempenho ambiental.** A série ISO 14000 inclui a norma ISO 14031, cujo objetivo é guiar a avaliação do desempenho ambiental e que contém três diferentes indicadores: indicadores de condição ambiental (ICE), indicadores de desempenho operacional (IO), e indicadores de desempenho de gestão (IG) (O'REILLY *et al.*, 2000). Esta última categoria é particularmente relevante para medir a melhoria contínua (VELEVA e ELLENBECKER, 2001).
- **Incorporar o conceito de melhoria contínua na estrutura do sistema de gestão.** A forma como as metas são incorporadas na estrutura do sistema de gestão dita o nível de compromisso com a “melhoria contínua” (BROUWER e VAN KOPPEN, 2008). A promoção da melhoria contínua depende da concretização das metas e objetivos traçados, mas também do nível de ambição dos objetivos e das metas (COCHIN, 1998). Ou seja, a definição de objetivos e metas deve ser desenvolvida sob dois pontos de vista: a definição de objetivos e metas de curto prazo; e ajustamento da definição estratégica dos objetivos (longo prazo) de acordo com a política ambiental da organização sob influência de desenvolvimentos externos a organização e motivações internas (BROUWER e VAN KOPPEN, 2008).

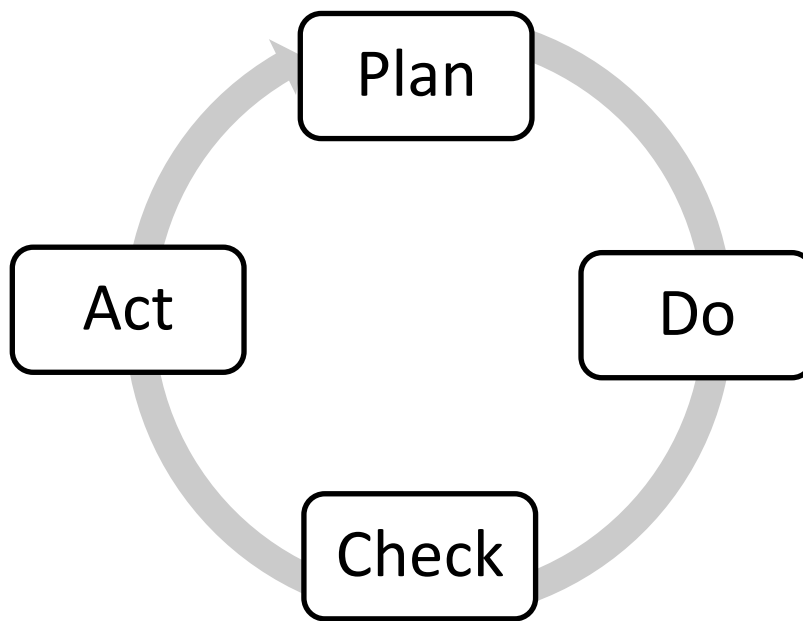


FIGURA III - 1. REPRESENTAÇÃO DO CICLO DE DEMMING

Um estudo, baseado em entrevistas com 19 empresas holandesas certificadas pela ISO 14001, tentou analisar a dinâmica de melhoria contínua (BROUWER e VAN KOPPEN, 2008). O estudo confirmou que a melhoria contínua, embora seja crucial na ISO 14001, é um conceito vago e mal definido. Simultaneamente, metade das empresas certificadas abordadas no estudo não tinham adotado a rotina de elevar a sua ambição de forma significativa ao longo dos anos. Melhorias nestas empresas são feitas em pequenos passos em direção aos objetivos estáticos. Brower e van Koppen (2008) colocam ênfase na diferenciação entre melhoria tática (curto prazo) e estratégica (longo prazo) (Figura III - 2). O ciclo tático refere-se à capacidade de atingir os objetivos e metas propostos. Estes constituem uma referência clara para a melhoria contínua que pode ser avaliada através de um conjunto adequado de indicadores. No entanto, o progresso geral de uma organização depende, tanto ou mais do que o cumprimento dos objetivos e metas, do nível de ambição dos objetivos e metas traçados. O nível e âmbito dos objetivos devem ser definidos no ciclo estratégico, que consiste no ajustamento contínuo dos objetivos da política da organização sob influência de atores internos e externos à organização. Ao contrário dos objetivos e metas táticas, é mais difícil medir melhoria a nível estratégico.

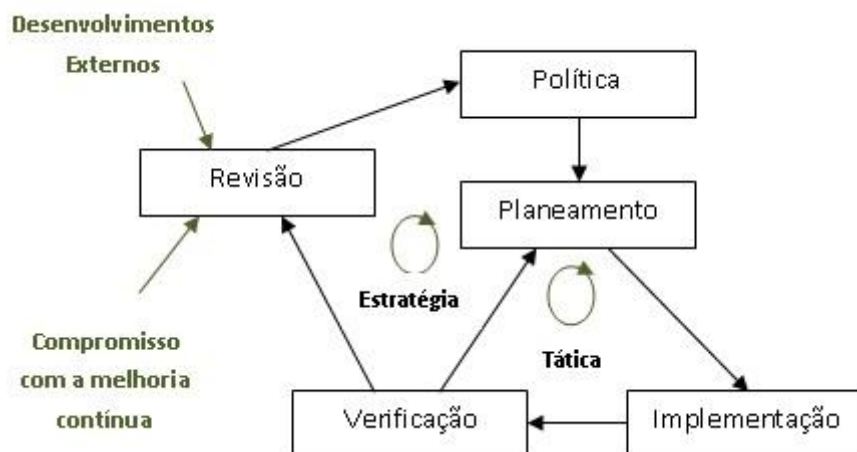


FIGURA III - 2. OS DOIS CICLOS DE MELHORIA CONTINUA: TÁTICA E ESTRATÉGICA – ADAPTADO DE (BROUWER E VAN KOPPEN, 2008)

III.1.2 COMPATIBILIDADE E INTEGRAÇÃO

À medida que as revisões e novas edições das diferentes normas foram lançadas, o caminho para a compatibilidade entre eles tornou-se mais claro (JØRGENSEN *et al.*, 2006). Ainda que a ISO não tenha desenvolvido uma norma para um Sistema de Gestão Integrada, a organização desenvolveu um guia não-normativo sobre a forma de integrar os requisitos das múltiplas normas de sistemas de gestão (ISO, 2008). Além disso, as seguintes iniciativas melhoraram a compatibilidade entre as diferentes normas das seguintes maneiras:

- A ISO 9001:2000 aumentou o foco no conceito de melhoria contínua, que é um dos principais fundamentos dos sistemas de gestão ambiental e da saúde e segurança;
- A última edição da ISO 14001:2004 foi desenvolvida de modo a melhorar a coerência com a norma ISO 9001:2000, e a esclarecer a sua ligação com o EMAS II;
- A ISO 19011:2002 é uma norma comum para auditar sistemas de gestão de qualidade e/ou ambiente.

A compatibilidade entre os elementos das normas representa o primeiro passo para a integração de sistemas de gestão diferentes. Existem pontos semelhantes entre os diferentes sistemas de gestão: 1) compromisso da gestão de topo da organização, a definição de uma política; 2) planeamento de objetivos, metas e formação de funcionários; 3) procedimentos de comunicação; 4) auditorias e controle de registos e documentação; 5) controle de não-conformidades, ações corretivas e preventivas; 6) e revisão (JØRGENSEN *et al.*, 2006). O próximo seria nos processos que envolvem os aspetos genéricos da gestão: política, planeamento, implementação, ação corretiva e análise crítica pela direção - o chamado "*Plan-Do-Check-Act*". A evolução sobre este

assunto pode ser particularmente observada nas normas ISO 9000. A sua primeira edição é ilustrada como uma pirâmide - simbolizando uma organização estável, com uma política clara, procedimentos e instruções sobre os níveis estratégico, tático e operacional - e as críticas começaram sobre a sua estrutura estática, resultando em burocracia excessiva (JØRGENSEN *et al.*, 2006). Com o surgimento da norma ISO 14001 e o seu conceito de melhoria contínua, tornou-se aceite uma compreensão da dinâmica das organizações - ilustrado como uma espiral, com foco no processo iterativo das atividades (política, planeamento, implementação, etc.).

Jorgensen (2008, 2006) afirma que a existência de uma norma básica comum a todos os sistemas de gestão pode motivar mais organizações a integrar os seus sistemas de gestão. Ainda segundo o autor, podem ser alcançados três diferentes níveis de integração: a compatibilidade entre as normas de gestão do sistema e seus elementos; um entendimento comum sobre os processos genéricos da norma do sistema de gestão; e o nível mais ambicioso de integração que se preocupa com a criação de uma cultura de aprendizagem, com a participação das partes interessadas e com o conceito de melhoria contínua do desempenho. Alcançar este último nível só é possível se a integração dos diferentes sistemas de gestão for acompanhada do conceito de ciclo de vida, expandindo a responsabilidade da organização do seu local de atividade para a cadeia do seu produto (JØRGENSEN, 2008).

III.2. GESTÃO OPERACIONAL VS GESTÃO ESTRATÉGICA: O *BALANCED SCORECARD*

A noção de que o desempenho financeiro de uma organização não permite, por si só, avaliar a capacidade que essa organização terá de gerar valor económico no futuro, conduziu à criação do *Balanced Scorecard* (BSC). Esta metodologia de avaliação de desempenho tem a capacidade de englobar numa única ferramenta objetivos de longo e curto-prazo, medidas financeiras e não financeiras, indicadores de resultados (*lagging indicators*) e indutores de desempenho (*leading indicators*), e perspetivas de desempenho internas e externas à organização (KAPLAN e NORTON, 1996).

III.2.1 O BSC COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO

O BSC foi desenhado com o objetivo principal de avaliar o desempenho de uma organização não só do ponto de vista financeiro, mas também a capacidade da organização em criar valor no futuro através da utilização de capital intelectual, criação de conhecimento e relação com o cliente. Para tal, a organização deve em primeiro lugar desenhar uma estratégia de negócio e em seguida definir objetivos estratégicos assentes sob quatro perspetivas: “Financeira”, “Clientes”, “Processos Internos” e “Conhecimento e Crescimento” (Figura III - 3).

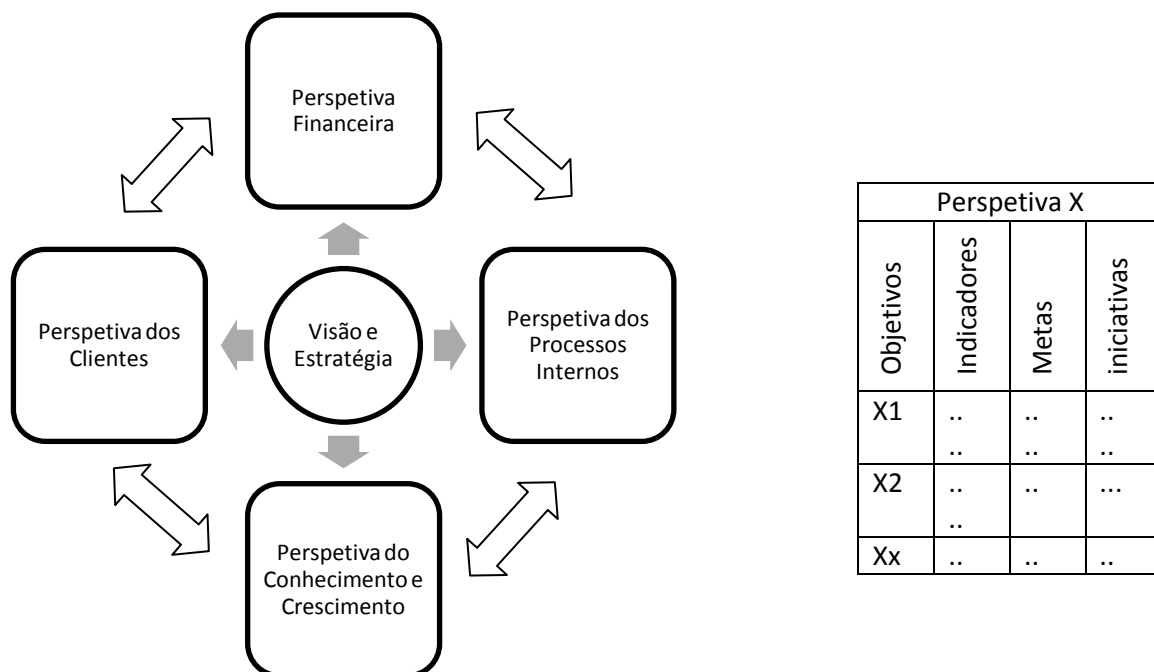


FIGURA III - 3. RELAÇÃO CONCEPTUAL ENTRE AS DIFERENTES PERSPETIVAS DO BALANCED SCORECARD (ESQ) E ESTRUTURA DO BSC PARA UMA PERSPETIVA (DRT) – ADAPTADO DE (KAPLAN E NORTON, 1996)

III.2.2 O BSC COMO FERRAMENTA DE GESTÃO

As potencialidades do BSC tornaram-no na ferramenta indicada para traduzir a visão estratégica da organização em iniciativas operacionais que a permitam cumprir. Isto é, o BSC rapidamente ultrapassou a sua conceção inicial (avaliar o desempenho da organização em função da estratégia) para se tornar numa ferramenta de gestão estratégica de uma organização. Através da formulação da estratégia de negócio de acordo com as quatro diferentes perspetivas é possível solucionar a lacuna normalmente existente entre o planeamento estratégico e a gestão operacional de uma organização, e assim atingir objetivos estratégicos de longo prazo. Os autores do BSC identificam quatro processos críticos na gestão de uma organização que podem ser completados implementando o BSC na organização:

1. Clarificação e tradução da Visão e Estratégia;
2. Comunicação e associação de indicadores e objetivos estratégicos;
3. Planeamento e fixação de metas e iniciativas;
4. Promover o feedback e aprendizagem estratégica;

Segundo Kaplan (1996) há três princípios que possibilitam a ligação do BSC com a estratégia da organização:

1. Relações Causa-Efeito;
2. Indicadores;
3. Ligação com a Perspetiva Financeira;

O BSC permite estabelecer, com base na estratégia da organização, um sistema hierárquico dos objetivos estratégicos e respetivos indicadores nas quatro perspetivas de negócio. A ligação hierárquica é determinada pelas relações causa-efeito que se podem estabelecer entre os diferentes objetivos estratégicos, sendo a perspetiva financeira aquela que se coloca no ponto mais alto do sistema. Os autores do BSC consideram que os objetivos financeiros devem manter um estatuto de máxima importância para o negócio de uma organização e assim todas as relações causais das diferentes medidas do *Scorecard* devem, em última instância, estar ligados à perspetiva financeira. A este sistema hierárquico denomina-se mapa estratégico (Figura III - 4). Ao adotar o BSC como ferramenta de gestão, a organização está: a traduzir a estratégia em termos operacionais; a vincular a estratégia ao trabalho diário de cada colaborador; e a estabelecer a prossecução da estratégia um processo contínuo.

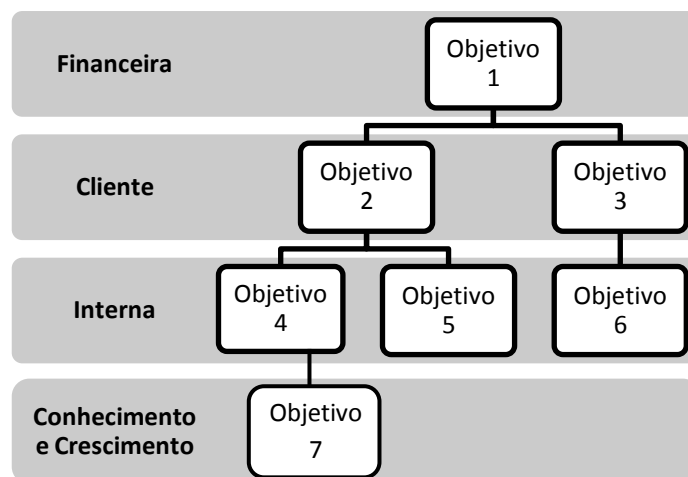


FIGURA III - 4. EXEMPLO DA ESTRUTURA DE UM MAPA ESTRATÉGICO.

III.2.3 O BSC NAS ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS/SEM FINS LUCRATIVOS

O desenvolvimento do BSC teve como principal alvo organizações privadas, cujo objetivo é maximizar o lucro da sua atividade. Os autores da metodologia (KAPLAN e NORTON, 1996) defendem no entanto que a sua aplicação é também válida em organizações governamentais e outras sem fins lucrativos. A grande diferença entre os dois tipos de organizações deve residir no papel que a perspetiva financeira da sua estratégia deve apresentar: se as organizações privadas colocam a perspetiva financeira como objetivo central da sua estratégia, as organizações públicas encaram a perspetiva financeira como uma limitação. Estas últimas têm que conter os seus gastos dentro de um orçamento definido.

Deste modo, o sucesso da organização governamental não deve ser avaliado consoante a maior ou menor margem entre o dinheiro gasto e o orçamento disponível, mas sim medindo o grau de eficácia e eficiência com que a organização cumpre com as necessidades dos seus utilizadores. As considerações financeiras podem facilitar ou dificultar a implementação da estratégia mas não serão o objetivo primário.

III.2.3.1 ADAPTAÇÃO DO BSC AO SETOR PÚBLICO

A aplicabilidade do BSC às organizações públicas é defendida por vários autores, desde que a sua implementação se adapte à realidade concreta de cada instituição, sendo necessário, por vezes, alterar as quatro perspetivas do modelo original. As relações de causa-efeito entre as medidas e as perspetivas que integram o BSC devem ter por base os objetivos centrais da organização que, sendo variáveis entre elas, podem implicar mudanças no modelo original. Os próprios autores da metodologia BSC verificaram que as quatro perspetivas sugeridas se ajustam de forma coerente a uma grande variedade de

organizações mas, no entanto, não devem ser assumidas como um formato único e imutável (KAPLAN e NORTON, 1996). O modelo do BSC não tem que ser copiado, mas antes deve ser adaptado a cada organização, em função da sua realidade e atividade. Assim, cada organização terá um BSC específico e diferente.

López e Salas (2005) adaptaram o BSC para avaliar e gerir a estratégia de Departamentos Universitários. Consideram que a perspetiva da qualidade do serviço prestado e a sua perceção pelos clientes/utilizadores está na base do sucesso da organização, mas conferem à perspetiva financeira uma importância semelhante (Figura III - 5). Segundo os autores, a gestão eficiente dos recursos financeiros é importante não só para o desempenho da instituição mas também na medida em que organizações do setor público devem prestar contas à sociedade.

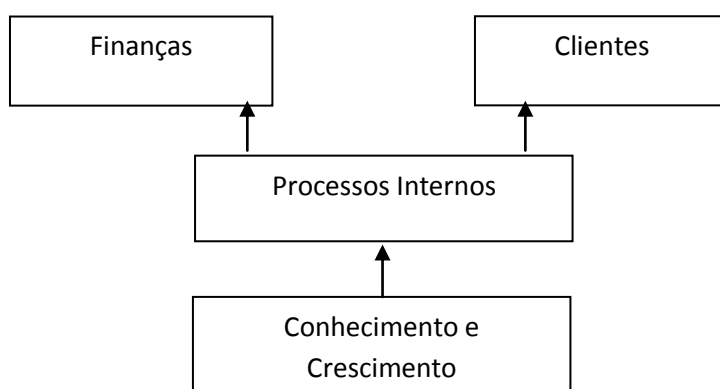


FIGURA III - 5. ESTRUTURA DO BSC PARA ORGANIZAÇÕES DO SETOR PÚBLICO, ADAPTADO DE (LÓPEZ E SALAS, 2005).

Niven (2003) defende duas mudanças fundamentais ao modelo original do BSC quando aplicado ao setor público. A missão passa a estar na posição cimeira do BSC e a perspetiva clientes troca de posição com a perspetiva financeira, passando a primeira a ter maior importância (Figura III - 6).

Kaplan (2001) sugere a colocação da Missão da organização sem fins lucrativos no topo do seu mapa estratégico (Figura III - 7). Deste modo, toda a atividade da organização deve ter como objetivo final o cumprimento da sua missão, que representa a sua responsabilização em relação à sociedade. Outra modificação em relação ao formato original do BSC está relacionada com a posição no mapa estratégico e com o próprio conceito que o cliente deve ter no setor público. Tal como nos dois exemplos anteriores, a perspetiva do cliente deve estar no topo do *scorecard*. No entanto, enquanto no setor privado o cliente paga e recebe o serviço, no setor público pode haver distinção entre quem paga o serviço e quem o recebe. Nesse sentido, as perspetivas do doador e do recetor do serviço devem receber a mesma importância no *scorecard*.

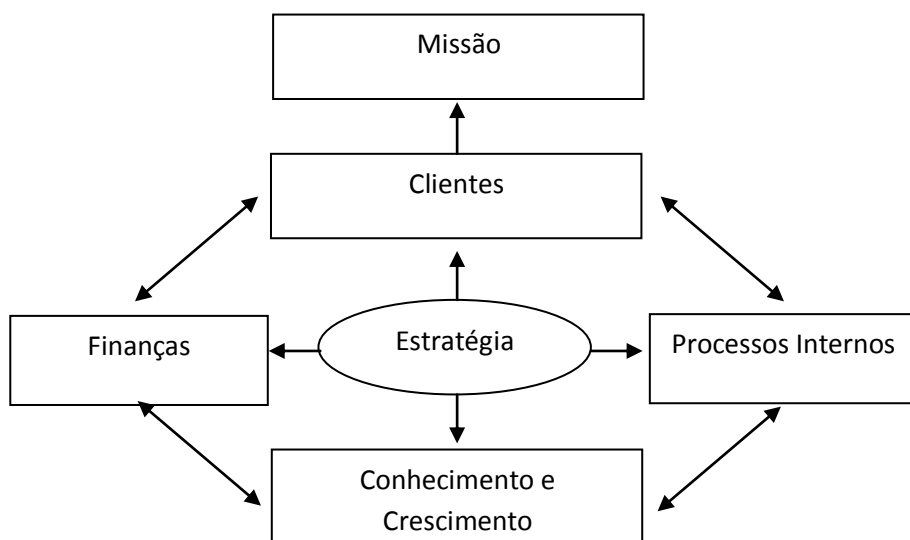


FIGURA III - 6. ESTRUTURA DO BSC PARA ORGANIZAÇÕES DO SETOR PÚBLICO, ADAPTADO DE (NIVEN, 2003).

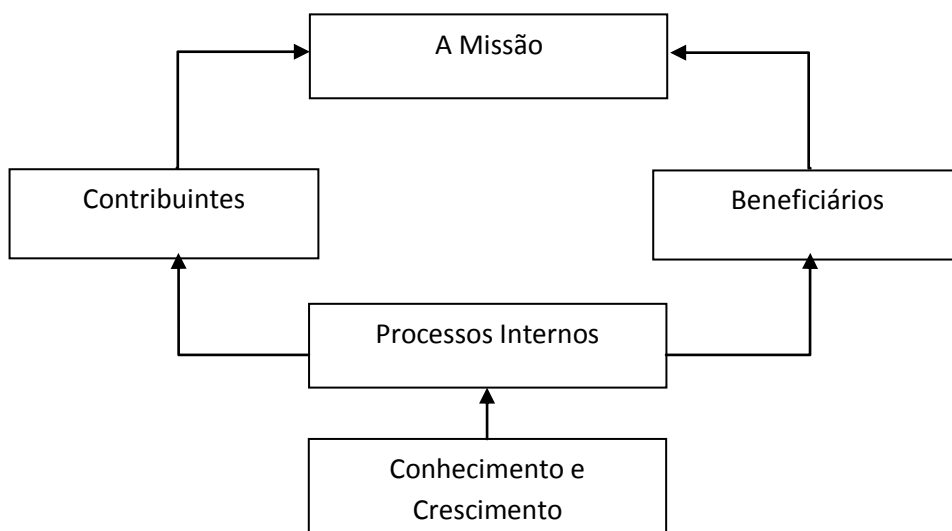


FIGURA III - 7. ESTRUTURA DO BSC PARA ORGANIZAÇÕES DO SETOR PÚBLICO, ADAPTADO DE (KAPLAN, 2001).

Estas e outras adaptações ao BSC têm sido aplicadas em diferentes organizações públicas/sem fins lucrativos: organizações de saúde (ZELMAN *et al.*, 1999), instituições de governo local (KLOOT e MARTIN, 2000, NIVEN, 2003), serviços de gestão de resíduos (GUIMARAES *et al.*, 2010, MENDES *et al.*, 2012), sistema policial (GOMES, 2006).

III.2.3.2 BSC NAS UNIVERSIDADES

Tal como noutras organizações, o BSC contribui para a definição, clarificação e comunicação da estratégia das IES, enquanto traduz essa estratégia em ações operacionais. Independentemente da natureza pública ou privada da instituição, o papel singular que as universidades desempenham na sociedade, nomeadamente o grande objetivo de atender às necessidades da sociedade em que se inserem, torna a utilização da estrutura clássica do BSC algo inadequada. Alguns investigadores sugerem a inclusão da “Perspetiva Social” no modelo BSC (LAWRENCE e SHARMA, 2002, MÜLLER, 2001, RIBEIRO, 2005) e a reavaliação da perspetiva financeira nas instituições de ensino superior públicas e privadas (MONTEIRO, 2000, MÜLLER, 2001, RIBEIRO, 2005, ROCHA, 2000). Esta última perspetiva deve então ser abordada como noutras instituições públicas: a perspetiva financeira não deve conduzir a estratégia da organização. O seu desempenho deve ser avaliado de acordo com o impacto dos seus projetos no desenvolvimento social, económico e cultural da sociedade onde se insere.

A educação como objetivo principal das IES é destacado por alguns autores, que consideram fundamental a sua inclusão como uma das perspetivas no BSC da organização. Nesse sentido, Rocha (2000) sugere a inclusão da “Educação” como a quinta perspetiva a adicionar à estrutura tradicional do BSC. Deverá existir uma estratégia para a promoção da educação de qualidade bem como a utilização de práticas pedagógicas avançadas. O mesmo autor destaca também a necessidade de recolocar a perspetiva financeira numa posição secundária na hierarquia estratégica das IES. Mesmo numa IES privada, a obtenção de lucro não deve ser o objetivo primordial da organização. O autor sugere a alteração da denominação da perspetiva financeira para “Responsabilidade Financeira”, salientando deste modo que o equilíbrio financeiro deve servir de suporte às restantes perspetivas estratégicas da IES. A adoção da estrutura do BSC e o destaque para a “Educação” na avaliação do desempenho de IES foram também sugeridas por Ruben (1999). O autor criou indicadores de desempenho agrupados em cinco categorias: Ensino/Aprendizagem; Serviços/Cooperação; Investigação; Satisfação dos Empregados; Finanças. A Universidade de Ohio adaptou a estrutura do BSC de acordo com a sua visão estratégica (STEWART e CARPENTER-HUBIN, 2001). Desse modo, a estratégia foi traduzida em cinco áreas organizacionais específicas: Excelência Académica; Experiência de aprendizagem do aluno; Sensibilização e compromisso; Diversidade; Gestão de recursos. Para cada uma destas áreas foram traçados objetivos estratégicos e respetivos indicadores de desempenho. Os autores consideram fundamentais a utilização de indicadores de desempenho relevantes do ponto de vista interno à organização, em contraponto aos indicadores de desempenho normalmente utilizados para avaliar e classificar o desempenho das universidades (desenvolvidos para agentes externos à organização). A adoção de um BSC revela-se uma forma adequada de alterar a

preocupação exclusiva pela imagem e classificação da universidade perante agentes externos para uma abordagem que inclua a preocupação pela melhoria da eficácia institucional. O BSC foi ainda sugerido por D'Uggento (2008) como ferramenta adequada para a avaliação do desempenho das Universidades italianas. A estrutura e hierarquia do BSC tradicional seriam adaptadas de modo a utilizar os indicadores de desempenho propostos pelo Ministério da Educação Superior Italiano. O desempenho seria avaliado de acordo com quatro perspetivas: *stakeholders*, aprendizagem e crescimento, processos internos e finanças. A perspetiva *stakeholders* é a perspetiva hierarquicamente mais importante.

III.2.4 O BSC E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A tarefa de gerir, medir e avaliar o desempenho de uma organização é complicada, e nesse sentido o BSC é apenas mais uma forma de o fazer. Nas últimas décadas, as organizações e a sociedade em geral começaram também a prestar mais atenção aos impactes das suas atividades no ambiente e na sociedade como um todo. Deste modo, o aparecimento do conceito de sustentabilidade alargou dramaticamente o âmbito e as opções da gestão e avaliação do desempenho de uma organização. Como resposta às preocupações ambientais e sociais, as organizações optaram por implementar sistemas de gestão específicos para atacar estes novos aspetos. No entanto, estes sistemas falharam, na maioria das vezes, na sua integração com o sistema de gestão financeira da organização e, assim, a demonstração da contribuição que a gestão ambiental e social da organização tem nas suas contas permanece pouco clara.

A capacidade de gerir a estratégia de uma organização assente em diferentes perspetivas, e a sua tradução em ações operacionais, torna o BSC uma ferramenta adequada para integrar a gestão ambiental e social de uma organização no seu processo global de gestão. Na literatura encontram-se duas abordagens utilizadas para transformar o BSC numa ferramenta de gestão e avaliação da sustentabilidade de uma organização. Estas divergem no relevo que o conceito de sustentabilidade apresenta na construção e hierarquia do BSC:

1. Uma corrente opta por sugerir a introdução de aspetos ambientais e sociais no BSC nas perspetivas tradicionais ou a adição de duas perspetivas específicas para os mesmos. Neste caso o topo da hierarquia continua a ser ocupado pela perspetiva financeira, mas a inclusão de objetivos e/ou perspetivas ambientais e sociais permite à organização uma visão sobre o comportamento da mesma sob o ponto de vista dos três pilares da sustentabilidade (economia, ambiente e sociedade). Ou seja, a avaliação e gestão da sustentabilidade será uma consequência da adoção deste tipo de BSC.

2. A outra abordagem considera a sustentabilidade como uma perspectiva que engloba objetivos ambientais, sociais e financeiros associados, e deve estar no topo da hierarquia do mapa estratégico. É denominado de “*Scorecard Temático*”. Quer isto dizer que esta abordagem é ideal quando o objetivo primordial é avaliar e gerir a sustentabilidade de uma organização.

III.2.4.1 INTEGRAR ASPETOS AMBIENTAIS E SOCIAIS NO BSC

De acordo com Figge et al. (2002), há três possibilidades, não mutuamente exclusivas, para integrar aspetos sociais e ambientais no BSC:

1. Integrar aspetos ambientais nas quatro perspectivas tradicionais do BSC.
2. Adicionar uma perspectiva adicional ao BSC tradicional para aspetos ambientais/sociais que não podem ser abordados de acordo com as regras do mercado.
3. Desenvolver um *scorecard* específico para as questões ambientais e sociais.

Partindo destas três hipóteses, os autores desenvolveram uma metodologia para construir um *Sustainability Balanced Scorecard* (SBSC) (Figura III - 8). Em primeiro lugar, a gestão de topo da organização deve chegar a acordo sobre qual será a estratégia da mesma. Em seguida, os aspetos ambientais e sociais que afetam a organização e a sua atividade devem ser identificados. Para tal, os autores propõem duas matrizes que ajudam na tarefa. O terceiro passo deve determinar a relevância dos diferentes aspetos identificados no passo anterior, classificando-os como aspetos estratégicos ou indutores de desempenho. A quarta etapa deverá compreender a integração dos aspetos ambientais/sociais relevantes em cada uma das quatro perspectivas do BSC.

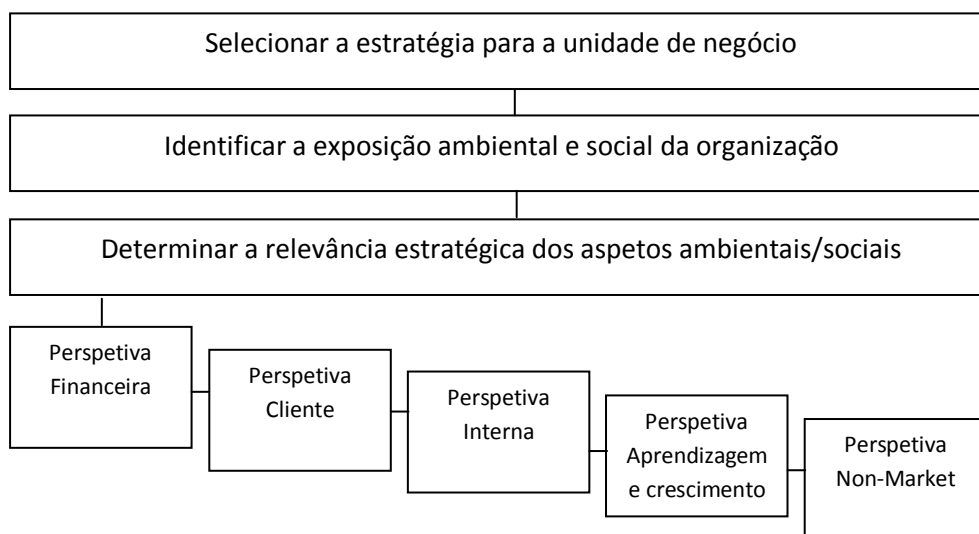


FIGURA III - 8. METODOLOGIA PARA FORMULAÇÃO DE UM SBSC, ADAPTADO DE (FIGGE ET AL., 2002)

Se existirem aspetos ambientais/sociais relevantes e que não possam ser facilmente integrados de acordo com as regras do mercado, será necessária uma quinta etapa: adição de uma quinta perspetiva no BSC capaz de incluir esses aspetos ambientais/sociais. Finalmente, independentemente da necessidade da etapa 5, pode ser desenvolvido um *scorecard* específico para os aspetos ambientais/sociais relevantes, no sentido de possibilitar uma melhor coordenação desses aspetos.

O trabalho desenvolvido por Figge et al. (2002) serviu de base para uma diferente metodologia de medição e avaliação da sustentabilidade, sugerida por Hubbard (2009). Este último investigador considera fundamental a adição dos aspetos ambientais e sociais em duas novas perspetivas adicionais em relação à estrutura tradicional do BSC (Figura III - 9). Para cada perspetiva o autor sugere 4 aspetos relevantes do ponto de vista estratégico.

Financial			Internal processes		
	Current	Prior		Current	Prior
Sales growth	3.0%	2.0%	Productivity	3.8%	4.0%
Return on sales	6.8%	5.4%	Labour turnover	12.0%	16.5%
Return on assets	5.1%	6.1%	Ave. unit production	4 days	4 days
Return on equity	15.5%	16.0%	Working capital/sales	10.0%	10.0%
Gearing	73.0%	77%	Capacity utilization	73%	77%
Customers/market			Learning and development		
	Current	Prior		Current	Prior
Market share	32.0%	30.0%	New products	1	0
No. new customers	12350	10145	New markets entered	2	1
Product return rate	1.5%	1.4%	R&D spend/sales	2.5%	1.5%
Defects	2.8%	3.0%	Training spend/sales	5.5%	7.3%
Order cycle time	7 days	7 days	Invest./total assets	10.0%	10.0%
Social performance			Environmental performance		
	Current	Prior		Current	Prior
Employee satisfaction	4.1	4.4	Key material use/unit	12.0kg	10.5kg
Social perf. of suppliers	3.8	3.0	Energy use/unit	2.0kW.h	2.3kW.h
Community relationships	3.0	2.5			
Philanthropic investments/revenue or profit	1.0%	1.0%	Water use/unit	2.5l	2.6l
Industry-specific factor: e.g., community open days	2	1	Emissions, effluent & waste/unit or as a % of total resources used	3.0t	4.0t
			Industry-specific factor: e.g., GHG emissions	4.0t	3.8t

FIGURA III - 9. EXEMPLO DE UM SBSC (HUBBARD, 2009).

A Figura III - 9 apresenta 30 indicadores de desempenho, um número significativamente superior aos 14-16 indicadores sugeridos pela metodologia original (KAPLAN e NORTON, 1996). No entanto, Hubbard (2009) afirma que face à quantidade de aspetos avaliados é um número adequado de indicadores. O SBSC e as perspetivas e indicadores propostos cobrem os domínios ambiental, social e económico, uma visão de curto e longo-prazo, pressões internas e externas à organização, e uma grande variedade de *stakeholders*. O

autor introduz ainda uma inovação em relação ao BSC original que consiste na introdução do resultado de cada indicador relativo ao ano anterior. Este valor possibilita assim aos gestores, analistas e *stakeholders* perceberem a tendência e a direção do desempenho da organização. O autor decidiu ainda simplificar o SBSC desenvolvendo um Indicador de Desempenho Sustentável da Organização. Este indicador é um valor único que ambiciona sintetizar os diferentes indicadores de desempenho das 6 perspetivas do SBSC num só valor. Alguns investigadores consideram que a avaliação do desempenho das organizações através de um único valor conduz à desvalorização das diferentes medidas de desempenho e enfraquece a importância dos critérios ambientais e sociais (LEFEBVRE *et al.*, 2003). Utilizando uma abordagem alternativa ao BSC desenvolvida por Atkinson e Hatcher (2001) para avaliar a sustentabilidade de organizações, Hubbard sugere a classificação de cada indicador de acordo com as expectativas para o valor do mesmo. As expectativas normalmente implicam evolução, em relação ao desempenho anterior, melhores práticas ou a *benchmarks*. Todos os indicadores de todas as perspetivas devem ser classificados e o peso de cada um deles deve ser o mesmo no valor final do índice.

A aplicação do BSC não se limita a organizações individuais. Vila, Costa e Rovira (2010) desenvolveram um BSC de modo a funcionar como ferramenta de gestão estratégica para o sector do turismo em Espanha, com preocupações específicas ao nível do desenvolvimento sustentável. Os autores criaram um SBSC composto por 6 perspetivas (Infraestruturas e Recursos; Atividades e Processos; Relações: residentes, turistas e organizações; Resultados económicos; Resultados Sociais; Resultados Ambientais), e sugeriram várias variáveis críticas de desempenho para cada perspetiva.

III.2.4.2 SCORECARD TEMÁTICO

No subcapítulo anterior, foram abordados modelos para aplicação de BSC com preocupações ambientais e sociais. No entanto, esse modelos permanecem com a perspetiva financeira e/ou de satisfação dos clientes como referência máxima. Isto é, a introdução das perspetivas sociais e/ou ambientais “obriga” o BSC a alargar o horizonte, mas não torna o conceito de desenvolvimento sustentável o principal condutor da sua atividade. Um *scorecard* focado exclusivamente no alcance da sustentabilidade de uma organização tem sido sugerido por alguns investigadores e foi denominado “*scorecard* temático” por Dias-Sardinha, Reijnders e Antunes (2002).

O primeiro *scorecard* direcionado especificamente para a gestão e avaliação da sustentabilidade das organizações foi desenvolvido no âmbito do Sigma Project (BRITISH STANDARDS INSTITUTION *et al.*). O SIGMA Sustainability *Scorecard* (SIGMA-SBSC) (BSI *et al.*, 2001) focaliza a sua atenção na sustentabilidade ao rejeitar a perspetiva financeira no topo da hierarquia do *scorecard* e das ambições da organização, substituindo a mesma por uma perspetiva “Sustentabilidade” que inclui aspetos ambientais, sociais e

económicos (Figura III - 10). Deste modo, as restantes perspetivas do *scorecard* estão relacionadas com o conceito de “*triple bottom line*” – Desenvolvimento Sustentável. Os autores de um estudo sobre a avaliação do desempenho ambiental realizado em organizações portuguesas sugerem também a utilização do SIGMA-SBSC (DIAS-SARDINHA *et al.*, 2002). Os investigadores realizaram uma pesquisa num lote de organizações e tentaram perceber qual a posição de cada uma delas em relação a uma hierarquia de objetivos estratégicos (os objetivos mais modestos seriam o cumprimento da legislação e controlo de poluição, enquanto os objetivos estratégicos mais arrojados seriam a sustentabilidade). De forma a avaliar o desempenho da organização em relação aos seus objetivos estratégicos, os autores sugeriram um conjunto de medidas e referências específicas que deveriam ser atendidas para cumprir os mesmos objetivos. Um *scorecard* baseado no SIGMA-SBSC foi utilizado como estrutura para referenciar o desempenho da organização quando a sustentabilidade é o seu objetivo estratégico.

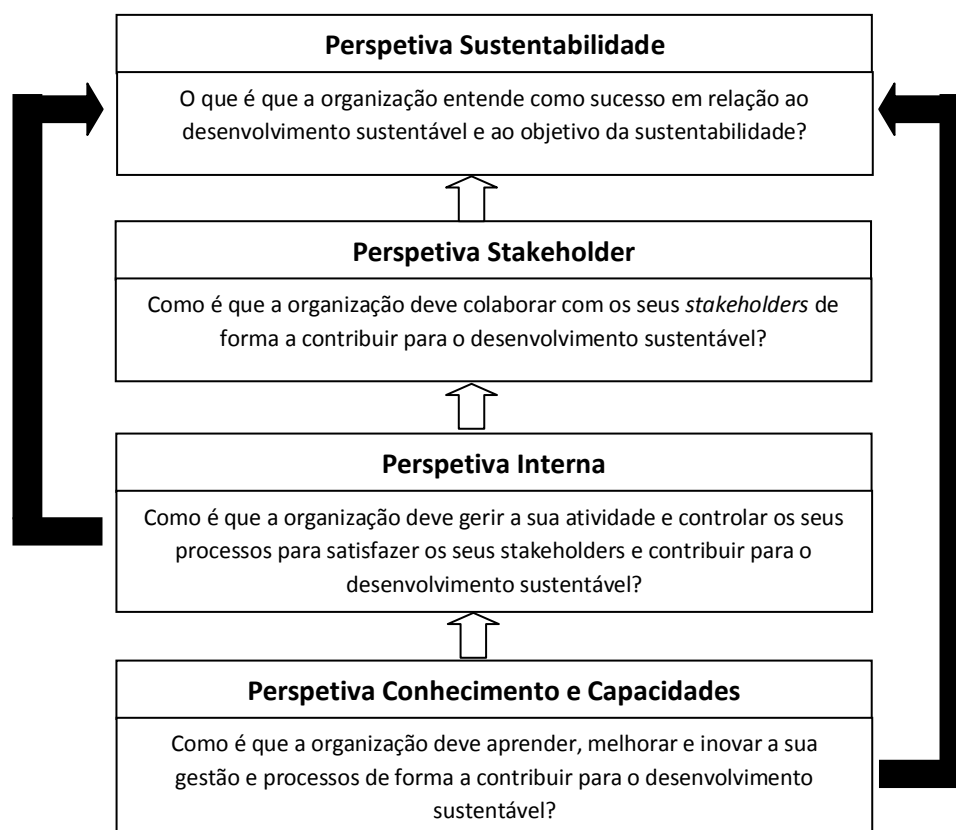


FIGURA III - 10. ESTRUTURA DO SIGMA SUSTAINABILITY SCORECARD, ADAPTADO DE (BSI ET AL., 2001)

A utilidade de um *scorecard* temático como plataforma de divulgação de informação foi destacada por Scavone (2006) no âmbito de um trabalho relacionado com os métodos de relato aplicados à gestão ambiental e produção limpa em indústrias argentinas. O autor sugeriu um *Environmentally Balanced Scorecard* (EBS), composto pelas quatro perspetivas tradicionais do BSC e com a perspetiva financeira como o objetivo final do BSC. Neste

caso, o EBS torna-se um *scorecard* temático porque os indicadores da perspectiva financeira devem servir para monitorizar os objetivos relacionados com a redução dos custos de produção através da melhoria no uso de recursos e com a geração de proveitos ambientais. Se as ações nas outras perspetivas não conduzem a uma melhoria nos indicadores financeiros, os decisores devem alterar a missão e estratégia ambiental da organização (SCAVONE, 2006).

III.3. EMERGIA

O paradigma de desenvolvimento económico vigente na era pós Revolução Industrial resultou num enorme crescimento da economia mundial, muito à custa, no entanto, das reservas de recursos naturais que o planeta dispõe. Há duas questões centrais para a sustentabilidade do planeta que têm sido abordados por ecologistas, economistas e até alguns decisores políticos: a escassez de recursos; e a capacidade limitada do planeta e dos seus ecossistemas para assimilar resíduos gerados pela atividade económica. É claro o conflito que hoje existe entre quem procura defender o ambiente e aqueles que procuram o contínuo crescimento económico, sendo estes assuntos cada vez mais comuns na discussão política e nas tomadas de decisão.

A teoria emergética procura resolver esta situação conflituosa utilizando um sistema de avaliação que permite avaliar os valores económicos e ambientais sobre uma mesma unidade de medida. Deste modo, é possível encontrar as ações ou políticas alternativas que maximizam a economia e o benefício público através da maximização da produção e utilização da emergia.

III.3.1 ENERGIA, EXERGIA E EMERGIA

Odum (1996) usou o tronco de uma árvore como exemplo para demonstrar a diferença entre exergia e emergia. Um tronco de uma árvore contém energia disponível (potencial energético que pode produzir trabalho) que pode ser libertado e degradado sobre a forma de calor através da queima do mesmo. Ou seja, a energia potencial de um tronco pode ser medida em calorias, joules ou outra unidade energética. A emergia, por outro lado, avalia a energia que esteve disponível para que o tronco se desenvolvesse. Deste modo, a emergia pode ser encarada como sendo a memória energética de um produto ou serviço. É o registo de energia disponível utilizada (e degradada ao longo de transformações) que é uma propriedade de uma menor quantidade de energia disponível no produto transformado.

Tal como o tronco de uma árvore, todos os outros exemplos de riqueza real produzidos a partir de trabalho (roupas, livros, comida, minérios, combustíveis, informação, arte, biodiversidade, etc.) foram produzidos e mantidos por processos ambientais, umas vezes com interação humana e outras vezes sem ela. Se pensarmos na produção de recursos naturais (Figura III - 11), esta é alimentada pelo “*inflow*” de energia potencial proveniente de fontes energéticas como o sol, o vento, a chuva ou as marés. Ao longo do processo de produção, ocorrem transformações patrocinadas pela utilização de energia. No entanto parte da energia disponível perde a sua capacidade de realizar trabalho ao longo do processo de produção. Os produtos resultantes estão assim sob outra forma de energia, em menor quantidade, e seguem depois para “reservatórios”. Podemos avaliar

quantitativamente os reservatórios tendo em conta o trabalho realizado para os formar, avaliando o seu valor real pelo trabalho anteriormente efetuado. A emergia é um método científico que permite medir o real valor em termos de energia necessária para realizar o trabalho de produção.

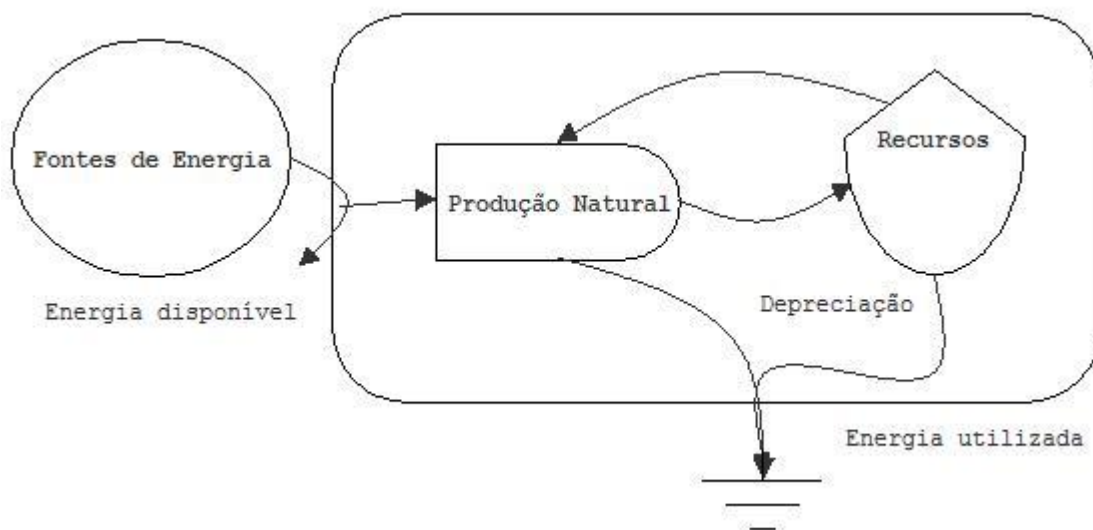


FIGURA III - 11. PRODUÇÃO AMBIENTAL E ARMAZENAMENTO DE RIQUEZA REAL.

Quando se contabiliza a quantidade de energia disponível utilizada num processo produtivo surge então a necessidade de expressar os diferentes tipos de energia que contribuem para o processo sob uma única unidade de medição. A teoria emergética adota a energia solar como a forma de energia de referência, o que pressupõe que a riqueza real de um produto ou serviço é medido pela energia solar (sej) acumulada nesse produto ou serviço.

De maneira a clarificar a relação entre exergia e emergia, Sciubba e Ulgiati (2005) desenvolveram um artigo escrito sob o formato “resposta/contrarresposta” discutindo as duas formas de análise. Os autores argumentam que apesar de ambas serem metodologias que contabilizam cumulativamente os inputs/outputs de forma a representar o comportamento de sistemas, cada uma delas possui pressupostos e paradigmas específicos. Entre outras coisas, os autores concluíram:

- Uma análise exergética (AE), oferece informações úteis para a correta avaliação do processo: identifica e quantifica as fontes de irreversibilidade e isso permite uma alocação de recursos mais adequada em relação à AEm.
- A incapacidade da análise exergética para contabilizar externalidades limita a sua utilidade num quadro mais amplo. Por esta razão, foi desenvolvida a análise exergética estendida (AEE). No entanto, a realização de uma AEE ainda restringe a análise às quantidades determinística mensuráveis, evitando as complexas

dinâmicas não lineares da interação processo-ambiente. A AEm tem um volume de controlo maior, uma vez que é expandido para toda a biosfera e contabiliza todas as dinâmicas ambientais. Ao preferir a AEm o utilizador poderá perder na incerteza a vantagem que obteria da abrangência.

- Através dos resultados da avaliação de um estudo de caso (produção de etanol a partir de milho) pelos dois métodos, os autores concluem que os métodos são mais complementares do que competitivos: a AEE oferece um quadro mais claro do próprio processo, enquanto a AEm é útil para entender a imagem global, a interligação entre o processo e a dinâmica do ambiente.

Ao invés de se focarem sobre as vantagens/desvantagens ou as diferenças entre AEm e AE, Bastianoni et al. (2007) abordaram as semelhanças entre eles, e mostraram que, apesar do número e/ou da complexidade das entradas de um sistema e exceto uma constante de multiplicação (o equivalente exergético de energia solar), o valor emergético é o mesmo independentemente de se utilizar uma abordagem emergética baseada em energia ou em exergia:

$$Em^{Ex}(O_a) = \alpha Em^E(O_a)$$

onde O_a é a saída de um sistema, Em^{Ex} é sua emergia avaliada como exergia, Em^E é a sua emergia avaliada como energia e α é o equivalente exergético de energia solar ($\approx 0,93$). Eles também apresentaram a emergia como uma função da exergia. Ainda segundo os autores, a emergia pode ser calculada como uma função das "eficiências parciais de exergia" do conjunto de transformações que ocorrem durante o processo. A principal diferença entre a avaliação emergética e exergética nomeada pelos autores, e em concordância com Sciubba e Ulgiati (BASTIANONI *et al.*, 2006, SCIUBBA e ULGIATI, 2005), é a definição do sistema. O maior número de processos considerados na AEm torna esta intrinsecamente menos precisa do que a avaliação de exergia.

O desempenho global dos ecossistemas é normalmente avaliado utilizando uma abordagem termodinâmica. A teoria dos ecossistemas usa funções objetivo, ou seja métodos de otimização, a fim de avaliar sua eficiência termodinâmica. Como outros sistemas, os ecossistemas precisam de energia para se desenvolver e manter, o que significa que energia de alta qualidade/baixa entropia é usada e transformada em energia de menor qualidade/maior entropia. Bastianoni et al. (2006) discutiram duas abordagens diferentes no que respeita à função a otimizar. Mais uma vez, é possível encontrar uma divisão entre exergistas e emergistas:

- O princípio do Empower máximo é a base da abordagem emergética e baseia-se no princípio de potência máxima de Lotka. O princípio de Empower máximo afirma que todos os sistemas auto-organizados tendem a maximizar a sua taxa de

utilização energia, o que significa que “na competição entre os processos de auto-organização, as redes que maximizam o *empower* prevalecerão” (ODUM, 1996).

- O método alternativo baseia-se no conceito de exergia e estende a sua utilização para o ecossistema. De acordo com Jorgensen, Nielsen et al. (1995), o objetivo de um ecossistema é maximizar o uso de exergia ecológica. Esta tendência utiliza a exergia como uma medida da complexidade do sistema, no sentido em que se espera que os sistemas complexos tenham organismos mais complexos (elevado teor de informação, sob a forma de ADN, ARN e sequências de proteínas) e, consequentemente, mais distantes do equilíbrio termodinâmico.

Ao estudar a relação entre o fluxo de energia e o teor de exergia de um sistema ecológico, alguns autores (BASTIANONI *et al.*, 2006, JORGENSEN *et al.*, 2004, LU *et al.*, 2011) sugerem que os dois conceitos são complementares, uma vez que a energia conta a história do sistema e a exergia descreve o seu estado real. Na verdade, eles usam o rácio de exergia para energia para avaliar a eficiência com que um ecossistema transforma entradas disponíveis (energia) em informações reais e organização (exergia) (BASTIANONI e MARCHETTINI, 1997). Quanto maior a razão, maior a eficiência do ecossistema. Usando um exemplo simples, eles argumentam que os princípios de máxima exergia e máximo *empower* são consistentes entre si e, se é considerada uma ordem de maximização, eles podem ser válidos ao mesmo tempo. Isto significa: um ecossistema primeiro deve encontrar novas fontes de energia (ou melhor energia); só depois estes fluxos de entrada disponíveis podem ser usados para construir nova biomassa e/ou aumentar a complexidade do próprio ecossistema (exergia armazenada). Este facto amplifica o papel do rácio de exergia para energia: quando o sistema é relativamente “jovem”, ou seja, está na fase de aquisição de novos fluxos de entrada, o rácio tende a ser menor; por outro lado, quando o sistema se está a desenvolver utilizando os fluxos de entrada disponíveis, o rácio da exergia para energia tende a aumentar à medida que o sistema se dirige ao seu estágio de clímax.

III.3.2 ESCALAS E DIAGRAMAS DE SISTEMAS

As atividades humanas e naturais decorrem num largo espectro escalar e temporal. Como se apresenta na Figura III - 12, há fenómenos que ocupam pequenas áreas e que têm curto tempo de vida e outros que ocupam largos territórios e com tempo de vida maior. A meio desta classificação encontra-se o ambiente, que engloba a interface entre o sistema ecológico e a sociedade económica. Como o ser humano atua nesta escala ambiental, é difícil a perceção dos princípios e organização que regem este domínio. Os cientistas das áreas da pequena escala tendem a perceber o ambiente como resultado da anárquica luta pela sobrevivência dos organismos, enquanto os estudiosos da economia vêm o

ambiente como o que quer que resulte da escolha dos indivíduos e daquilo pelo que as pessoas estão dispostas a pagar.

No entanto, em perspectiva, encontram-se no domínio ambiental os mesmos padrões de organização que se defrontam nas ciências de pequena escala da química ou da biologia e nas ciências de larga escala da terra ou do universo. Além disso, os padrões e processos que constituem um sistema em qualquer escala podem ser reproduzidos em diagramas de sistemas, onde se representam as suas principais partes e as relações entre si. O domínio ambiental apresenta-se como ideal para utilizar a visão sistemática. As várias áreas de estudo deste domínio (geologia, oceanografia, economia, ciência agrícola, engenharia, ciência política, etc.) podem ser agregadas na construção de uma visão sistemática do ambiente, recorrendo aos diagramas para mapear mentalmente as partes que formam o conjunto.

Os diagramas energéticos são construídos recorrendo à linguagem dos sistemas energéticos desenvolvida por Odum (1994, 1983). A simbologia associada a esta linguagem é utilizada para construir o diagrama e representar os diferentes componentes e suas relações no sistema que se pretende descrever. A disposição dos diferentes componentes, *inputs* e *outputs* no diagrama construído deve responder a uma ordem. Os elementos devem estar da esquerda para a direita à medida que a sua transformidade aumenta.

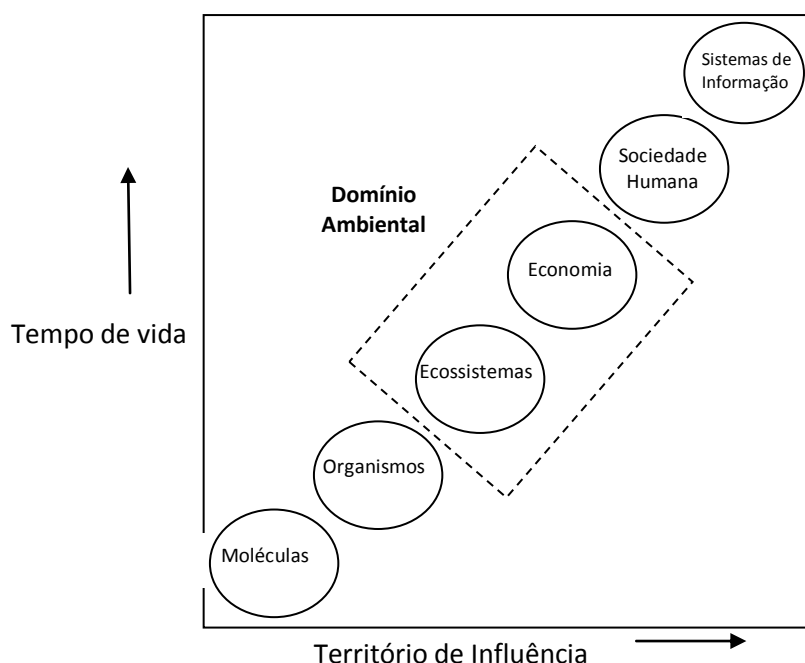


FIGURA III - 12. TEMPO DE VIDA VS TERRITÓRIO DE INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS

O diagrama emergético inclui o percurso dos fluxos energéticos provenientes do exterior pelos diferentes componentes do sistema, até à sua saída do mesmo, seja como *output* ou como energia degradada. O princípio de conservação de energia (primeira lei da termodinâmica) é respeitado na construção destes diagramas: toda a energia que entra no sistema é armazenada em reservatórios ou sai do sistema. Além disso, quase todos os processos que ocorrem no sistema são acompanhados de degradação de energia disponível, isto é, à medida que a energia perde capacidade de realizar trabalho ela sai do sistema através do “*heat sink*”. Este é o princípio da degradação de energia (segunda lei da termodinâmica).

III.3.3 PRINCÍPIO DE MAXIMUM EMPOWER

Odum baseou-se nos trabalhos de Lotka (1922) para descrever o princípio de “*maximum empower*”. Segundo este princípio, todos os sistemas estão desenhados hierarquicamente do ponto de vista energético. Um processo de transformação utiliza energia de um tipo e resulta um produto com uma quantidade menor, mas melhor qualidade de energia. Postos hierárquicos superiores desenvolvem então mecanismos de *feedback* que servem para interagir e controlar os contributos de energia para a sua formação. Os sistemas formam-se de acordo com esta hierarquia energética porque deste modo conseguem maximizar o processamento de energia útil.

III.3.4 TRANSFORMIDADES E ORÇAMENTO EMERGÉTICO DE REFERÊNCIA

O conceito de transformidade é central na teoria emergética de Odum, sendo definido como a energia necessária para criar um joule (J) de um produto ou serviço (Eq.III - 1). A definição das transformidades baseia-se num primeiro cálculo do “orçamento emergético de referência” que suporta a vida no planeta terra e por consequência as atividades humanas. Este orçamento é constituído pelas principais fontes de energia do planeta: radiação solar; força das marés; e o calor do interior da terra. Partindo deste pressuposto, Odum considerou que estas três fontes de energia apresentavam diferente qualidade. A radiação solar foi considerada como a fonte de energia mais primitiva, sendo depois convertidas as outras duas fontes de energia em equivalentes de energia solar (ODUM, 1996). Ao longo dos anos, o valor do “orçamento emergético de referência” tem sido atualizado. Odum realizou um primeiro cálculo em 1996, tendo obtido um valor de $9,44E24$ sej/ano. O mesmo Odum refez os cálculos alguns anos mais tarde (2000), utilizando melhores dados e pressupostos mais coerentes (orçamento de referência – $15,83E24$ sej/ano). Este valor não foi recalculado até 2010. Brown e Ulgiati (2010) realizaram uma reavaliação dos cálculos de Odum utilizando valores para os fluxos de energia das marés e do calor geotermal mais atuais, baseados em novas técnicas de medição. Fizeram também uma reinterpretação da interação da energia geotérmica com os restantes processos da biosfera e geosfera, obtendo desse modo um valor diferente

para a contribuição dessa fonte de energia. No final, obtiveram 15,2E24 sej/ano, um valor muito próximo ao calculado por Odum em 2000. Nesta reavaliação, Brown e Ulgiati reconheceram a incerteza associada ao cálculo de valores globais médios anuais, pelo que realizaram uma análise de incerteza ao cálculo do orçamento energético de referência (incerteza de 3%).

Utilizando como exemplo uma exploração florestal (Figura III - 13), um hectare de floresta produz madeira com o conteúdo energético de 7,8E10 J/ano. A energia solar necessária para a formação dessa madeira contabiliza-se 30E13 sej/ano. Isto significa que cada joule de madeira necessita da contribuição de 3846 sej dos processos naturais.

$$\text{Transformidade} = \frac{\text{Fluxo de Energia Solar [sej]}}{\text{Fluxo de Energia [joule]}} \quad (\text{EQ.III - 1})$$

$$\text{Transformidade dos troncos} = \frac{30\text{E}13 \text{ [sej/ano]}}{7,8\text{E}10 \text{ [joule/ano]}} = 3846 \text{ sej/j}$$

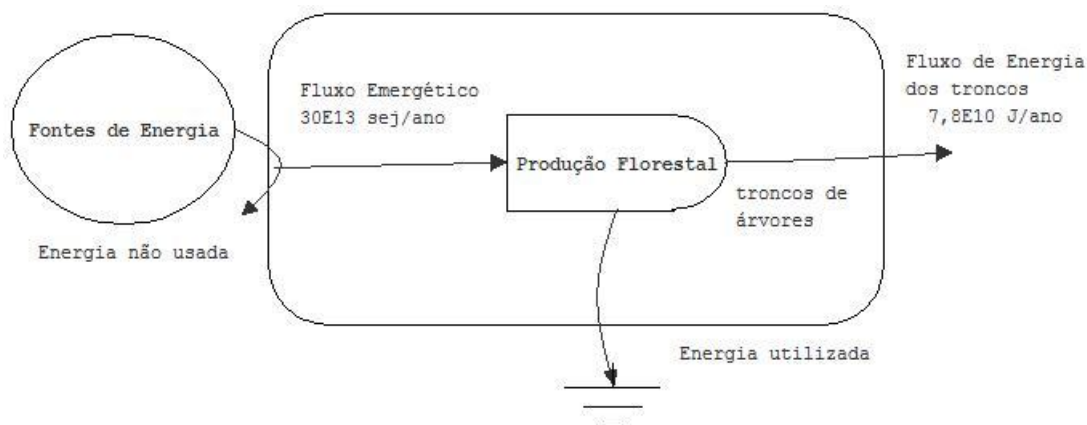


FIGURA III - 13. EXEMPLO DE CÁLCULO DA TRANSFORMIDADE – ADAPTADO DE (ODUM, 1996)

Quanto mais transformações ocorrem no processo de formação de um produto, maior é a sua transformidade. Isto acontece porque a cada transformação mais energia disponível é utilizada para produzir uma menor quantidade de energia disponível noutra forma. A energia vai aumentando e a energia disponível diminuindo, resultando num produto com uma relação energia/energia cada vez maior. Produtos e serviços como informação ou serviços prestados pelos humanos possuem grandes transformidades. Ainda de acordo com a teoria da hierarquia energética, a posição nessa hierarquia é medida pela transformidade, sendo assim esta é uma medida da qualidade de energia.

Ainda que as transformações de energia sejam contínuas no universo, é necessário formar uma referência a partir da qual se podem calcular as transformidades que afetam

o planeta, e deste modo realizar análises energéticas ao mesmo. Neste sentido, como o verdadeiro valor do ambiente advém do trabalho realizado pela natureza, a avaliação energética deve começar com a avaliação dos processos energéticos globais do planeta. Três fontes principais de energia são consideradas fundamentais para o funcionamento da natureza: energia solar, energia das marés e o calor proveniente do interior da terra. O cálculo das transformidades da energia das marés e do calor da terra vão servir de base para o cálculo das transformidades dos principais fluxos de energia do planeta.

III.3.5 ECONOMIA E ENERGIA

O dinheiro é informação que circula em contracorrente em troca de bens e serviços no sistema económico. A representação da interface economia-ambiente permite perceber que o dinheiro circula com muito maior frequência no lado direito do diagrama (Figura III - 14), ou seja, o dinheiro é pago apenas pelos serviços prestados pelo homem ignorando a prestação de serviços por parte dos agentes naturais. Por outro lado, os fluxos de energia são maiores do lado esquerdo do diagrama. Deste modo, o rácio energia/dinheiro decresce também da esquerda para a direita. Esta distribuição demonstra a importância que a energia tem tido nos estudos ambientais e o dinheiro no pensamento humano.

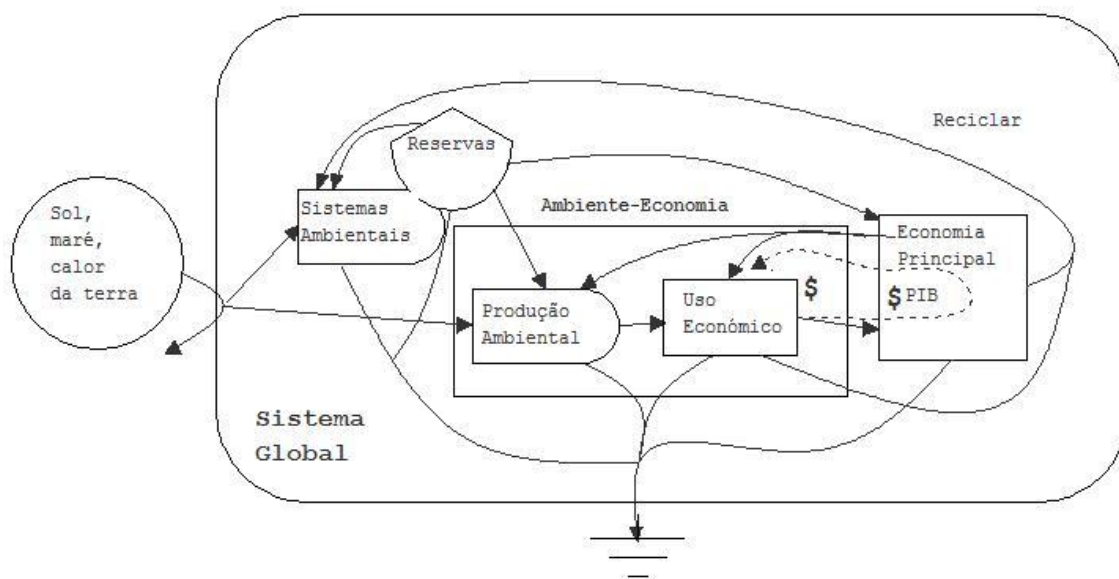


FIGURA III - 14. REPRESENTAÇÃO DA INTERFACE AMBIENTE-ECONOMIA NO SISTEMA GLOBAL

O poder de compra do dinheiro dentro de uma economia pode ser definido como o rácio entre a energia utilizada e o dinheiro que circula na mesma. Dividindo a utilização de energia de um país pelo seu Produto Interno Bruto (PIB) num ano, obtém-se o rácio Energia/Dinheiro da economia desse país (Eq.III - 2). Para calcular o real valor económico de um fluxo de energia num sistema, deve dividir-se essa porção de energia

pelo rácio Energia/Dinheiro do mesmo sistema, obtendo-se assim Emdollars (Em\$) – ver Exemplo III - 1.

$$\text{Ratio} \frac{\text{Energia}}{\text{Dinheiro}} = \frac{\text{Fluxo de Energia Solar} \left[\frac{\text{sej}}{\text{ano}} \right]}{\text{Produto Interno Bruto} \left[\frac{\$}{\text{ano}} \right]} = \text{sej}/\$ \quad (\text{EQ.III - 2})$$

EXEMPLO III - 1

Fluxo emergético dos EUA em 1992 = 88E+23 sej

Produto Interno Bruto dos EUA em 1992 = 5,4E+12 \$

Fluxo Emergético dos combustíveis importados pelos EUA em 1992 = 23E+23 sej

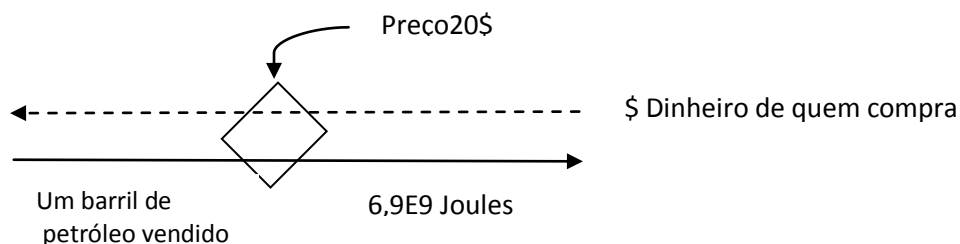
$$\text{Ratio} \frac{\text{Energia}}{\text{Dinheiro}} = \frac{88 \times 10^{23} \text{ sej}}{5,4 \times 10^{12} \$} = 1,44 \times 10^{12} \text{ sej}/\$$$

$$\text{Em\$ Combustíveis} = \frac{23 \times 10^{23} \text{ sej}}{1,44 \times 10^{12} [\text{sej}/\$]} = 1,60 \times 10^{12} \text{ Em\$}$$

Uma vez que o dinheiro apenas avalia a contribuição das pessoas, a utilização de dinheiro para pagar um recurso ambiental tende a subestimar o seu real valor. A energia dos recursos ambientais contribui com mais riqueza real do que aquela pela qual são pagos. A utilização de energia ou Em\$ permite avaliar a contribuição da natureza e do homem sob as mesmas unidades. É possível avaliar a benefício ou prejuízo da compra ou venda de um produto ambiental calculando o rácio entre o seu valor emergético e o seu valor económico em Em\$. No Exemplo III - 2 a energia solar do petróleo foi obtida multiplicando-se a energia contida no petróleo pela sua transformidade solar. A energia solar contida no poder de compra do dinheiro gasto na compra do barril foi obtido multiplicando o valor pago pelo barril pelo rácio Energia/Dinheiro. Resulta que a energia entregue ao comprador é 13 vezes superior àquela que o comprador deu em troca usando dinheiro.

EXEMPLO III - 2

Compra de um barril de petróleo a 20\$ (1996).



$$\text{Ratio de Energia que beneficia o comprador} = \frac{\text{Energia} \times \text{Trasnformidade}}{\$ \text{ pago} \times \text{Energia/Dinheiro}}$$

$$= \frac{6,9 \times 10^9 \times 5,3 \times 10^4}{20 \times 1,4 \times 10^{12}} = 13,1$$

III.3.6 ÍNDICES DE PRODUÇÃO E DIAGRAMAS DE 3 BRAÇOS

Os fluxos de energia num sistema económico-ambiental (Figura III - 15) podem ser sintetizados num diagrama de 3 braços (Figura III - 16). *Inputs* ambientais gratuitos (**I**) combinam-se num fluxo proveniente da esquerda, enquanto os *inputs* económicos (**F**) vêm da parte superior direita. O *output* surge do lado direito do sistema (**Y**).

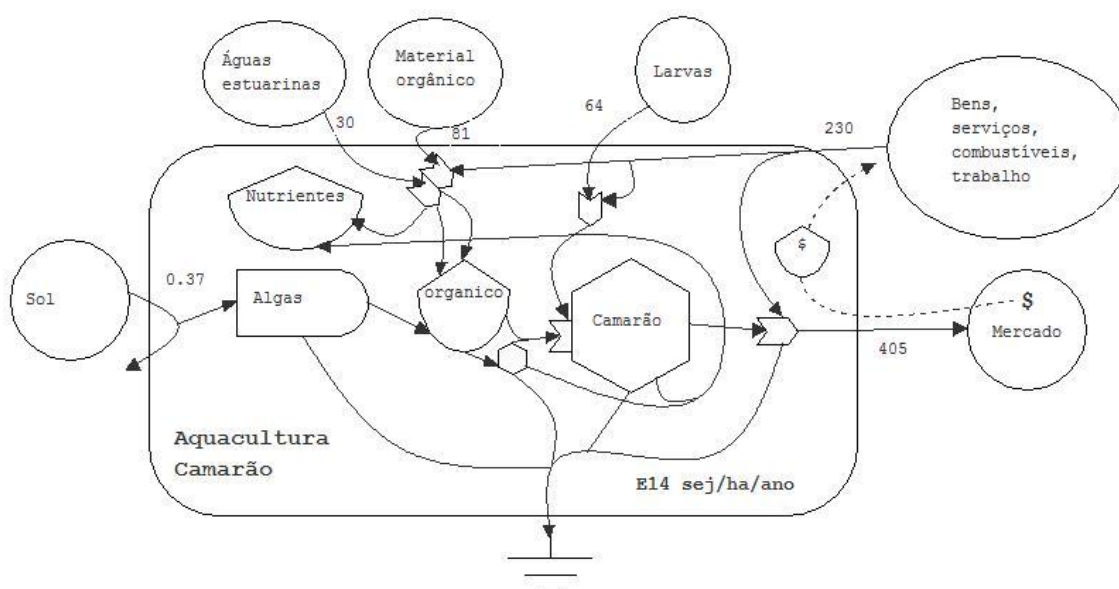


FIGURA III - 15. DIAGRAMA DO SISTEMA RESPONSÁVEL PELA PRODUÇÃO DE CAMARÃO

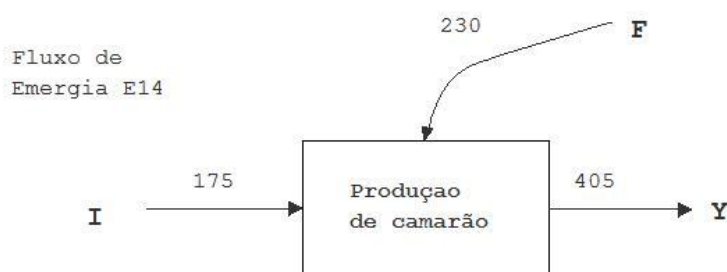


FIGURA III - 16. DIAGRAMA DE 3 BRAÇOS QUE SINTETIZA O SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAMARÃO

A partir deste tipo de diagramas calculam-se índices que ajudam a perceber o tipo e a eficiência do sistema em termos da sua utilização ambiental. O Rácio de Investimento de Energia (**EIR**) mede a intensidade do desenvolvimento económico e a participação do ambiente (Eq.III - 3). Dividindo a energia que chega ao sistema através de recursos comprados na economia (**F**) pela contribuição gratuita da natureza (**I**) obtém-se o EIR. Ao utilizar este índice na avaliação de países, percebe-se que os países desenvolvidos tendem a ter valores de EIR superiores aos encontrados para países em vias de desenvolvimento. O rácio de Rendibilidade Emergética (**EYR**) mede a contribuição do produto gerado num sistema para a economia para além do seu próprio sistema (Eq.III - 4). É calculado dividindo o conteúdo emergético do produto (**Y**) de um sistema pela energia comprada na economia (**F**). Este índice é especialmente relevante para avaliar combustíveis, uma vez que eles auxiliam grande parte da economia.

$$\text{Ratio de Investimento Emergético (EIR)} = \frac{F}{I} \quad (\text{EQ.III - 3})$$

$$\text{Ratio de Rendibilidade Emergética (EYR)} = \frac{Y}{F} \quad (\text{EQ.III - 4})$$

EXEMPLO III - 3

$$\begin{aligned} \text{EIR Produção de camarão} &= \frac{230 \times 10^{14} \left[\frac{\text{sej}}{\text{ha}} \right]}{175 \times 10^{14} \left[\frac{\text{sej}}{\text{ha}} \right]} = 1.3 \\ \text{EYR Produção de camarão} &= \frac{405 \times 10^{14} \left[\frac{\text{sej}}{\text{ha}} \right]}{230 \times 10^{14} \left[\frac{\text{sej}}{\text{ha}} \right]} = 1.76 \end{aligned}$$

III.3.7 ÁLGEBRA EMERGÉTICA

Ao contrário da energia, a energia não é uma função conservadora: a sua álgebra segue uma lógica de memorização e não de conservação. Ou seja, a álgebra emergética foi desenhada para contabilizar as transformações quantitativas não-conservativas de energia. Lazzaretto (2009) tentou esclarecer as semelhanças e diferenças entre a contabilidade termo-económica (baseada na análise de exergia) e a metodologia AEm. Ambas pretendem alocar os custos (os custos de exergia e monetária na contabilidade termo-económica e energia no caso da AEm) das entradas nos produtos do sistema. Apesar do mesmo objetivo e da partilha de conceitos básicos, as duas abordagens têm diferenças significativas e que podem levar a resultados bastante diferentes e muitas

vezes não facilmente comparáveis. A forma como cada metodologia adota o conceito de conservação determina a grande diferença entre elas. Enquanto a contabilidade termo-económica se baseia na ideia de que o custo monetário e exergético são conservados ao nível do sistema ou componente (o que significa que todos os fluxos de entrada para o sistema/subsistema participam na formação de seus fluxos de produtos), a AEm tem uma álgebra conservadora ao nível de fluxo (o que significa que o objetivo é quantificar toda a energia necessária ao longo do fluxo que a levou da fonte original, o sol, para o produto). E é por isso que a álgebra emergética precisa fazer a distinção, quando um sistema tem várias saídas, entre: frações e coprodutos. Para descrever a álgebra da teoria emergética podem utilizar-se quatro regras (BROWN e HERENDEEN, 1996):

1. Todas as fontes de energia de um processo são atribuídas a *outputs* do processo.
2. Os coprodutos resultantes de um processo contêm a energia total do processo (não há alocação).
3. Quando há frações ("*splits*"), a energia que é atribuída a cada caminho depende da percentagem do fluxo de energia que segue esse caminho.
4. Deve haver precauções para evitar dupla contagem, nomeadamente em três situações: quando a energia sofre *feedback*; quando coprodutos são reunidos; e quando se utilizam recursos que envolvem transações financeiras:
 - Energia nos feedbacks: o conteúdo emergético de processos de feedback no interior do sistema não deve ser contabilizado.
 - Reunião de coprodutos: no cálculo da energia de um sistema B, a contribuição de dois ou mais coprodutos de um outro sistema A não pode ser contabilizada. Esta situação pode ser ilustrada pela contabilização dos fluxos de recursos provenientes do sistema básico da terra, considerado como o orçamento base de energia global do planeta. Estas fontes de recursos podem ser o sol, o vento, a chuva e/ou as ondas. Quando contabilizado o fluxo destes recursos para um subsistema do sistema básico da terra, deve ter-se em conta que estes são coprodutos da mesma fonte e assim o seu conteúdo emergético não é independente. Uma forma simples de contornar este problema e quantificar a energia solar que o sistema básico da terra fornece a um subsistema é considerar apenas o maior dos recursos provenientes do sistema básico.
 - Fluxos de recursos com transação monetária: Os fluxos de recursos que entram no sistema e que envolvem uma transação monetária, têm dois componentes que devem ser avaliados. Um componente é a energia que entra no sistema sob a forma de energia disponível no recurso. O outro componente é a energia relacionada com os serviços necessários para que

o recurso entre no sistema. Por exemplo, os combustíveis que entram num sistema possuem a energia do próprio produto (energia disponível multiplicado pela sua transformidade) e a energia relacionada com os serviços (extração, processamento, transporte...) que possibilitam a sua transferência para o sistema em análise (custo multiplicado pelo rácio energia/dinheiro). Estas duas componentes são independentes e devem ser avaliadas separadamente. No entanto, o cálculo da energia de um recurso pode envolver a utilização de uma transformidade que tenha já em consideração os serviços necessários para a sua produção. Neste caso avaliar os serviços separadamente implicaria estar a realizar uma dupla contagem aos mesmos.

A correta aplicação destas regras pressupõe interpretação adequada dos múltiplos outputs que um processo pode apresentar, podendo estes ser classificados como coprodutos ou frações. Sempre que um output de um processo não possa ser processado sem que um outro *output* seja também criado, estamos a falar de coprodutos. Se pelo contrário, os outputs podem ser separados arbitrariamente, estamos na presença de frações. Por outras palavras: os coprodutos diferem das frações na medida em que os primeiros não apresentam grau de liberdade para alocar a energia (ou massa) nos diferentes *outputs*.

Observando a Figura III - 17 percebe-se que quando ocorre divisão do fluxo energético através de frações, (a) e (b), as suas transformidades são idênticas mas a sua energia difere (exceto quando o conteúdo energético nas frações é também igual); pelo contrário, quando se formam coprodutos (c) as suas transformidades diferem e o conteúdo energético é o mesmo (exceto quando a energia de cada coproduto é semelhante).

Tendo em atenção as precauções patentes na regra número 4 e a distinção entre frações e coprodutos, a energia pode ser contabilizada utilizando a fórmula (SCIUBBA e ULGIATI, 2005):

$$Em = \sum_i \tau_i \times Ex_i \quad (\text{EQ.III - 5})$$

Onde Em é energia, τ_i é transformidade e Ex_i é a exergia do output i .

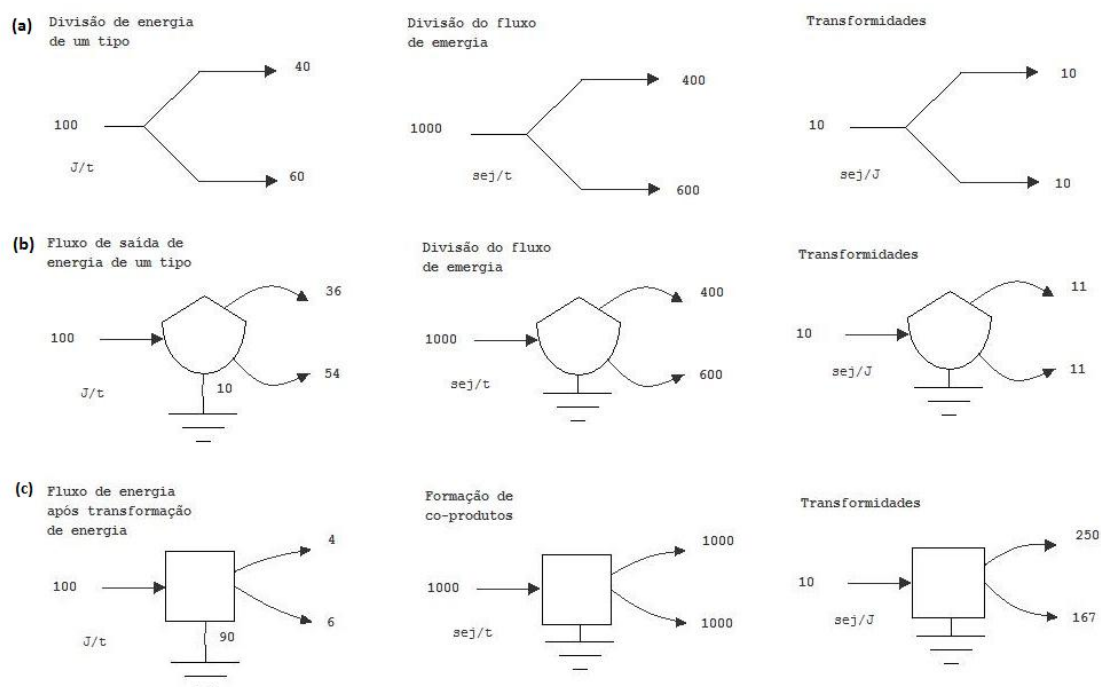


FIGURA III - 17. FLUXOS DE ENERGIA - FRAÇÕES E COPRODUTOS.

Com o propósito de esclarecer a álgebra emergética foram realizadas várias tentativas utilizando diferentes abordagens matemáticas. Odum (1996) sugeriu o Track Summing Method, no qual a transformidade é determinada traçando o fluxo de energia desde o produto final até cada input inicial, analisando a rede de energia do sistema. É um esquema de cálculo simples, mas que se pode tornar difícil de executar para sistemas complexos. Collins e Odum (2000) propuseram o Modelo do Mínimo Eigenvalue, que constrói uma equação, $M \times X = 0$, e, em seguida, resolve-a para o eigenvector que corresponde aos valores mínimos absolutos da matriz $M^T \times M$ na equação $(M^T \times M) \times X = 0$ para se obter as transformidades. Embora o Modelo do Mínimo Eigenvalue consiga estimar simultaneamente todas as transformidades de uma só vez utilizando um computador, os seus processos específicos são relativamente complexos e de difícil compreensão. Bardi, Cohen et al. (2005) empregaram um Modelo de Otimização Linear baseado no método iterativo de Newton, utilizando condições de restrição para resolver todas as transformidades.

Nenhum dos três métodos mencionados atrás, no entanto, conseguiu garantir a não ocorrência de dupla contagem na EAm. Devido a este facto, Li, Lu et al. (2010) pretenderam melhorar os métodos matemáticos que ambicionam clarificar a álgebra emergética. Os autores propuseram um processo de pré-condicionamento, antes de efetuar cálculos emergéticos. Além deste processo de pré-condicionamento, os autores também propuseram um modelo matricial para simplificar o cálculo da transformidade, e que oferece uma ligação mais direta e compreensível entre o diagrama do sistema e a

álgebra matricial. Independentemente do método utilizado para calcular a transformidade, o processo de pré-condicionamento revelou-se fundamental para eliminar a dupla contagem (ausência de pré-condicionamento conduziu a erros nos cálculos de transformidade até 275%, quando métodos diferentes são usados). Bastianoni et al. (2011) propuseram abordar a álgebra emergética usando a Teoria dos Conjuntos. Emergia é definido como o conjunto da energia solar necessária, direta ou indiretamente, para se obter um produto e pode ser visto como a união dos conjuntos de exergia solar requerida para a obtenção de cada entrada. Como consequência, os autores argumentam que

$$Em = \bigcup_i (\tau_i \times Ex_i) \quad (\text{EQ.III - 6})$$

onde τ_i é a transformidade e Ex_i é a exergia do input i. A (Eq.III - 6) pode ser usada para definir emergia e a sua aplicação assegura a conformidade com todas as regras de álgebra emergética. A principal característica do modelo de Bastianoni et al. (2011) é a interpretação qualitativa que deve ser realizada para qualquer input do sistema. Isso significa que, além da quantidade de emergia que cada input introduz no sistema, deve-se também ter em conta as suas características espaciais e temporais. Usando informações espaço-temporais de cada conjunto, está assegurado que a emergia não é contabilizada duas vezes, mesmo quando se avaliam sistemas com feedback (frações e/ou coprodutos).

III.3.8 PROCEDIMENTO PARA A AVALIAÇÃO EMERGÉTICA

O procedimento para avaliação da emergia de um sistema começa pela construção do seu diagrama. Através do diagrama será possível obter uma visão geral do sistema, as suas partes e processos, os seus problemas e fatores determinantes. Os caminhos que a emergia percorre representam as linhas que são depois expostas na tabela de avaliação da emergia e que são descritos através da sua emergia e/ou em\$. Por último são calculados índices que podem ajudar na elaboração de recomendações políticas.

A construção dos diagramas tende a diminuir a complexidade dos mesmos. Uma primeira abordagem ao diagrama pode conter uma descrição muito detalhada do sistema, com relativo grau de complexidade. Depois pode ser simplificado, agregando fluxos de emergia sem que estes sejam eliminados (Figura III - 15). A simbologia que envolve a construção deste tipo de diagramas energéticos foi desenvolvida também por Odum. O significado energético e matemático de cada símbolo está explicado numa das suas obras (ODUM, 1996).

Etapas na construção de um diagrama:

1. Definição da fronteira do sistema.
2. Listar as fontes externas de recursos.
3. Listar os principais componentes do sistema, considerando a escala.
4. Listar os processos (fluxos, relações, interações, produção e consumo). Incluir transações que envolvem dinheiro.
5. Desenhar o diagrama, começando com as fontes externas à volta da forma retangular que define a fronteira do sistema. Dispor as fontes externas e os componentes do sistema por ordem crescente de transformidade da esquerda para a direita.

Depois de elaborado o diagrama, a tabela de avaliação explica os diferentes processos presentes no desenho. A tabela é tipicamente composta por 6 colunas e tantas linhas quantos itens a ser avaliados - Tabela III - 1.

TABELA III - 1. ESTRUTURA DA TABELA EMERGÉTICA PROPOSTA POR (ODUM, 1996)

Nota	Item	Valor do Item (J, \$ ou g)	Transformidade (sej/unidade)	Energia	Em\$
.
.

Os fluxos de energia que são importados para um sistema têm duas componentes: a energia do próprio recurso (energia multiplicada pela transformidade); e a energia relacionada com os serviços necessários para comprar o recurso (custos multiplicados pelo rácio energia/dinheiro apropriado para aquela economia e tempo). Por exemplo, os combustíveis que entram num sistema contêm a energia do próprio combustível e aquela necessária para produzir esse combustível (extração, processamento, entrega). Estas duas componentes podem ser avaliadas separadamente ou em conjunto. Se, por exemplo, a transformidade usada para calcular a energia de um produto inclui os serviços necessários para a sua entrega ao sistema, não se deve avaliar a energia dos serviços separadamente, pois isso representaria dupla contagem.

A interpretação dos sistemas pode ser auxiliada com a produção de Indicadores de Avaliação. De modo a expressar esses indicadores, a agregação dos fluxos emergéticos e a representação dos sistemas em diagramas de 3 braços revela-se essencial (*inputs* ambientais, compra de recursos e produtos). A Figura III - 18 mostra uma alteração aos diagramas de 3 braços, uma vez que os *inputs* ambientais estão divididos em dois tipos (fontes renováveis e não renováveis) assim como os recursos que chegam ao sistema através de feedback da economia (recursos e serviços). Ou seja:

R: Energia renovável de inputs ambientais (sol, vento, marés,...)

N: energia não renovável de recursos ambientais locais (solo, minérios...)

M: Energia adquirida em combustíveis, minérios, várias matérias-primas

S: Energia adquirida em serviços e trabalho

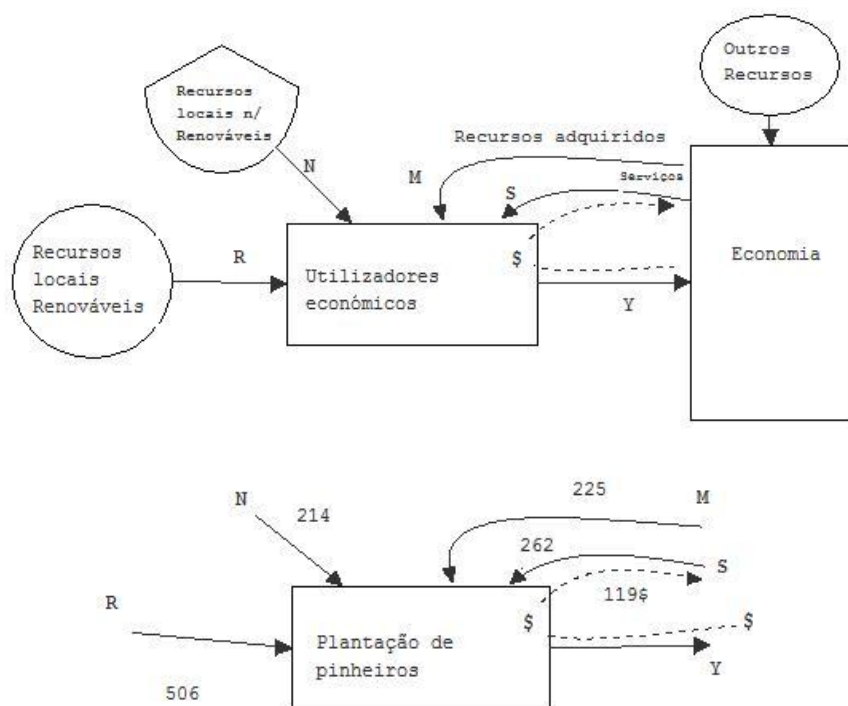


FIGURA III - 18. DIAGRAMA DA PRODUÇÃO DE PINHOS E RESPETIVA SIMPLIFICAÇÃO – ADAPTADO DE (ODUM, 1996).

Para além dos indicadores já apontados nos pontos anteriores (transformidade, EYR, EIR, rácio Energia/Dinheiro) existem outros índices que podem ser calculados para avaliar a utilização económica dos recursos.

TABELA III - 2. EXEMPLOS DE INDICADORES DE AVALIAÇÃO – ADAPTADO DE (ODUM, 1996).

Nome do Indicador	Definição	Plantação de pinheiros
Adquiridos/Grátis	$(M+S)/(R+N)$	487/720
Não Renovável/Renovável	$(N+M)/R$	439/506
Serviços/Grátis	$S/(R+N)$	262/720
Serviços/Recursos	$S/(R+N+M)$	262/945
Desenvolvidos/Ambientais	$(S+N+M)/R$	701/506

III.3.9 INFORMAÇÃO E SERVIÇOS: A SUA AVALIAÇÃO

O conhecimento e a informação presentes nos sistemas económicos e ecológicos resultam de muitas transformações complexas de energia. As transformidades do conhecimento, informação, cultura ou arte são muito elevadas. Como outras estruturas, a informação está sujeita à segunda lei da termodinâmica, ocorrendo dispersão e depreciação constante. Ao contrário do ciclo de matéria, o ciclo de informação não se conserva: ela é copiada e perde-se. A informação é então mantida através da cópia, correção, substituição e revisão. O erro é reduzido efetuando cópias extra e descartando aquelas que apresentam erros. É necessário um ciclo fechado de informação a processar para manter uma unidade de informação.

A energia necessária para replicar informação é muito inferior ao investimento emergético para desenvolver nova informação. Podem-se diferenciar quatro etapas no ciclo de informação:

1. Cópia de informação: muito pouca energia é necessária para efetuar uma cópia (cópia de uma página de um texto através de uma fotocopadora; reprodução biológica)
2. Extrair informação: é necessária mais energia para extrair informação do sistema do qual faz parte. Por exemplo, muitas horas serão necessárias para replicar a planta de uma casa a partir do estudo da mesma.
3. Manter a informação partilhada: ainda mais energia é necessária para manter uma unidade de informação funcional. Inclui a energia necessária para manter uma população, nomeadamente os processos de duplicação, uso, seleção e reprodução.
4. Desenvolver informação útil: inclui a energia necessária para manter uma população durante o tempo suficiente de modo a permitir a formação de uma nova espécie.

A energia requerida num fluxo ou depósito de informação resulta da soma das diferentes contribuições de energia no processo. Por exemplo, aquilo que uma criança aprende com a sua mãe é a soma da informação que a mãe lhe passa e a energia que sustenta a criança (comida, roupa, casa...). A energia contida na informação transferida pelo ser humano é calculada multiplicando o tempo que dura a transferência de informação, pelo metabolismo da pessoa que a transmite e pela transformidade estimada para o nível de escolaridade da mesma pessoa. Ou seja, uma mãe transmite tanto mais energia por hora quanto maior for a transformidade do seu nível de escolaridade.

Odum (1996) sugeriu um método para calcular a transformidade dos diferentes níveis de educação (Figura III - 19). Utilizando como exemplo os EUA, calculou a transformidade de

6 níveis diferentes de categoria de educação (pré-escola, escola, universidade, pós-universidade, estatuto público e legado intelectual) dividindo a emergia anual total (Em) usada no país pela atividade metabólica (M) do número de pessoas (n) pertencentes a cada categoria i :

$$\tau_i = \frac{Em}{n_i \times M} \quad (\text{EQ.III - 7})$$

$$M = 2500(\text{kcal}|\text{dia}) \times 365 (\text{dias}|\text{ano}) \times 4186(\text{J}|\text{kcal}) = 3.82 \times 10^9 \text{ J/ind/ano}$$

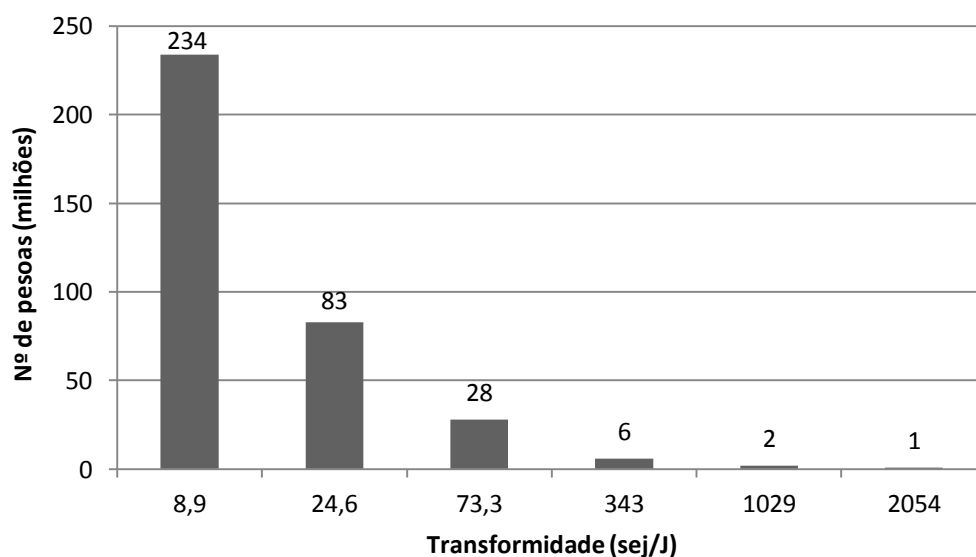


FIGURA III - 19. TRANSFORMIDADES DE SEIS NÍVEIS DE EDUCAÇÃO – ADAPTADO DE (ODUM, 1996).

III.3.10 A EMERGIA NAS UNIVERSIDADES

As universidades desempenham um papel central no desenvolvimento das sociedades atuais (Figura III - 20). São responsáveis pela formação de conhecimento e de profissionais qualificados e potenciais decisores políticos.

Os fluxos de emergia que alimentam uma universidade são maioritariamente ricos em informação. Odum avaliou a Universidade de Florida em 1979 e demonstrou claramente que a informação e o conhecimento são os principais fluxos de emergia (ODUM, 1996). Funcionando como um processador de informação, a universidade está situada num alto nível na hierarquia emergética das instituições, necessitando de apoio de processos, recursos humanos e instituições de níveis de hierarquia mais baixos. Muito do orçamento emergético da sociedade é também necessário para o funcionamento da universidade, uma vez que está no topo da pirâmide. Os produtos da universidade – alunos graduados, investigação e serviços – possuem alta transformidade. A informação e conhecimento

gerado na universidade é alvo de testes e sofre um processo de seleção de modo a garantir que o conhecimento que “sobrevive” é o mais valioso. Depois disso, o processo de triagem segue na sociedade, sendo depois a informação funcional considerada como informação partilhada. Por outro lado, a principal função da universidade é a manutenção do conhecimento através da reprodução de informação em alunos, livros, e outros instrumentos. Este tipo de informação possui grande transformidade e a sua utilização implica, através de *feedback*, um grande poder de controlo sobre ações de largos segmentos da sociedade.

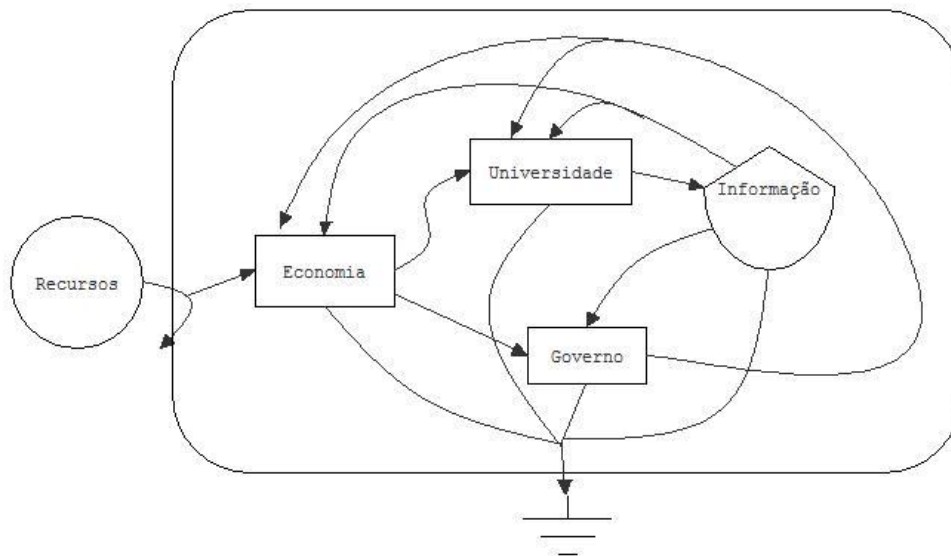


FIGURA III - 20. DIAGRAMA QUE REPRESENTA O PAPEL DA UNIVERSIDADE NO SISTEMA GLOBAL.

III.3.11 A ANÁLISE DE INCERTEZA NA AEM

Ao realizar uma análise científica surge, geralmente, a pergunta: "Quão bons ou precisos são os resultados da análise?". Pode-se assumir que existe sempre erro nos dados utilizados na análise científica, uma vez que a incerteza pode ser definida como a dispersão de um valor medido ou estimado de uma medição em torno do seu valor verdadeiro.

Esta questão é particularmente relevante na AEm. Como Ingwersen (2010) explicou, a emergia é "uma estimativa de energia incorporada com base numa coleção relevante de dados empíricos de sistemas subjacentes a um objeto, assim como em regras e pressupostos teóricos, e, portanto, não pode ser medido diretamente". A emergia é calculada como o produto de energia disponível (dados de entrada empíricos) e sua respetiva transformidade (fator de conversão). Assim, numa AEm pode-se identificar claramente dois tipos diferentes de incerteza: uma que está relacionada com a utilização dos dados de entrada de energia disponível para o sistema, e a incerteza que está associada com o método pelo qual a transformidade é calculada. A incerteza numérica,

portanto, está presente durante todo o processo de avaliação emergética, e por isso a falta de análise de incerteza tem sido apontada como uma grande desvantagem por críticos da avaliação emergética (BAKSHI e HAU, 2004). Para além da distinção entre a incerteza proveniente dos dados de entrada empíricos e do valor de transformidade utilizado, há uma outra classificação da incerteza associada a análises científicas. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos EUA, o cálculo da incerteza pode ser definido como:

$$\textbf{Total Uncertainty} = \textbf{Parameter} + \textbf{Model} + \textbf{Scenario} \quad (\text{EQ.III - 8})$$

A incerteza nos parâmetros é calculada a partir de faixas de valores de dados de entrada (valores múltiplos), quando disponíveis a partir de fontes distintas. O fator de incerteza para cada parâmetro de cada modelo é calculado, assim como a sua propagação no cálculo da incerteza total dos parâmetros de cada modelo. No caso da AEm, a incerteza do modelo refere-se às diferentes formas de calcular a transformidade de um dado de entrada. Quando existem vários modelos para um cálculo da transformidade, a média e desvio-padrão da amostra são calculados. Por outro lado, os modelos para calcular transformidade podem ser dependentes de um conjunto de condições, o que significa que a incerteza cenário pode ser incluída. Por exemplo, se o trabalho é um *input* num processo, mas o país em que o trabalho ocorre é indefinido, há variabilidade na energia do trabalho, dependendo de que país provém. A incerteza relativa ao modelo e/ou cenário é incorporada estimando os seus fatores de incerteza.

Recentemente, têm ocorrido novos desenvolvimentos sobre a incerteza na AEm, mais especificamente sobre a incerteza nos cálculos de transformidade. Bastianoni et al. (2009) avaliaram a incerteza nos cálculos da transformidade de derivados de petróleo. Assumindo o pressuposto básico de que os derivados de petróleo são frações do processo de refinaria de petróleo (energia é dividida com base na fração de energia dos produtos diferentes), compararam a transformidade de derivados de petróleo produzidos numa refinaria italiana com a transformidade do combustível genérico produzido em 5 diferentes refinarias americanas. Eles obtiveram uma transformidade média de 65.826 sej/J, com uma margem de erro de 1,4%. Além disso, este valor é apenas 1,7% mais elevado do que a transformidade dos derivados de petróleo originalmente obtidos por Odum (1996). Este resultado reforça a validade das análises emergéticas anteriores que utilizaram as transformidades dos derivados de petróleo calculadas por Odum. Dois relatórios publicados recentemente abordaram a contabilidade ambiental de West Virginia (CAMPBELL *et al.*, 2005) e Minnesota (CAMPBELL e OHRT, 2009) utilizando a AEm. Estes destacam a incerteza que vem da adoção da transformidade, e em particular os métodos usados para calculá-las. Nestes estudos são apresentados alguns casos de

múltiplas determinações da transformidade para um mesmo componente. A transformidade da eletricidade nuclear foi calculada usando duas "fontes" diferentes de urânio: o cálculo original usando massa de minério de urânio como uma entrada do sistema de eletricidade nuclear, e um segundo cálculo usando a massa de óxido de urânio (45% da massa do minério). Apesar desta grande diferença sobre a contribuição de energia de urânio para o sistema quando usada uma ou outra massa de urânio, a transformidade final de eletricidade gerada a partir de energia nuclear varia de 51900 sej/J para 48100 sej/J, ou 7,3%.

Há fundamentalmente dois métodos para calcular transformidade: o método-fórmula e o método-tabela. O primeiro é um modelo multiplicativo usando estimativas de fluxos e armazenamentos biofísicos como parâmetros, e é geralmente usado para calcular transformidade de matérias-primas (minerais, combustíveis, água). O último é o procedimento típico da AEm, que pode ser descrito como uma soma de produtos, utilizado para estimar transformidade de produtos do ecossistema e de atividades de origem humana. De acordo com Ingwersen (2010), é importante fazer a distinção entre ambos os métodos porque as transformidades resultantes do método-fórmula são adequadas para um método analítico de cálculo da incerteza, enquanto a análise da incerteza às transformidades calculadas a partir da metodologia tabela necessita de um método estocástico. Nesse sentido, ele desenvolveu um método analítico (o método de variância geométrica) para avaliar as fontes de incerteza no cálculo da transformidade do tipo "fórmula". Usando o método de variância geométrica, Ingwersen (2010) avaliou a incerteza nos cálculos da transformidade para a água subterrânea, chumbo, ferro, petróleo, e trabalho. Nenhum desses cálculos, no entanto, cobriu os três tipos de incertezas (parâmetro, modelo e cenário) devido à falta de ou vários modelos (trabalho) ou cenários (chumbo, ferro, petróleo e água subterrânea). Ao longo dos anos, os analistas emergéticos implicitamente assumiram uma margem de erro de uma ordem de grandeza nos seus cálculos. Os cálculos de Ingwersen (2010) mostraram que esta hipótese não é muito apropriada, já que o erro associado é muito específico de cada transformidade. A incerteza do parâmetro foi determinada para as cinco transformidades juntamente com duas transformidades tipo tabela usando um método estocástico (método Montecarlo), a fim de comparar a consistência do método analítico com o intervalo de confiança gerado pela simulação. O estudo confirmou que os dois tipos de transformidade (fórmula e tabela) seguem uma distribuição lognormal.

Apesar do progresso apresentado pelo estudo de Ingwersen (2010), este tinha algumas falhas de acordo com Li et al. (2011b). O método de variância geométrica não seria apropriado para o método de cálculo da transformidade mais comum (tabela) e a propagação da incerteza no modelo de variância geométrica não leva em consideração o fator de ponderação de cada componente na determinação da incerteza total de saída do

modelo. Embora o método de Monte Carlo proposto por Ingwersen para superar essas questões e para ser usado no cálculo da incerteza das transformidade com o método “tabela” possa ser visto como uma solução viável, requer muitas vezes a suposição de distribuições de probabilidade específicas para as variáveis de entrada, especifica as correlações ou relações funcionais entre as entradas, e é matematicamente difícil de entender. Assim, Li et al. (2011b) tentaram demonstrar que as incertezas no cálculo de transformidades tipo tabela podem ser calculadas através de um método analítico simples e fiável. Eles propuseram dois métodos, dependendo do tipo de dados disponíveis na AEm, para avaliar a propagação de incerteza em análises de emergia: método de Taylor e método da variância (Tabela III - 3). Ambos os métodos foram fornecidos pelo Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM). Dois estudos de caso foram utilizados para calcular a incerteza da transformidade de um produto de um sistema, cada um deles com um diferente tipo de dados - um sistema de produção vegetal, com dados de nível de sistema e um sistema de produção de ácido sulfúrico com os dados de nível de elemento. Os resultados sobre a propagação da incerteza dos produtos vegetais mostraram transformidade e incerteza semelhantes, independentemente do método usado (Variância, Taylor ou Monte Carlo). Os autores utilizaram o método de Taylor para avaliar a transformidade e incerteza da produção de ácido sulfúrico e quando em comparação com os resultados do método de Monte Carlo utilizada por Ingwersen não houve diferenças significativas.

TABELA III - 3. MÉTODOS ESTATÍSTICOS UTILIZADOS PARA AVALIAR A INCERTEZA NA ANÁLISE EMERGÉTICA.

Método Estatístico	Tipo de dados	Tipo de incerteza
Método da Variância	Cada produto está funcionalmente ligado a um conjunto específico de dados de input, que podem ser ou não independentes entre si.	Cenário
Método de Taylor	A correspondência funcional entre o produto e as quantidades dos inputs não é conhecida, mas as médias e variâncias dos dados de entrada e saída são conhecidos.	Parâmetro

III.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO

A fim de promover o desenvolvimento sustentável dentro da organização, deve ser implementada uma gestão sustentável. A gestão sustentável define uma forma de gestão que afirma claramente que aumentar o valor de um negócio pressupõe não só ampliar os seus resultados financeiros e económicos, mas que também deve conciliar a prosperidade económica de uma empresa com qualidade ambiental e justiça social. A adoção dos diferentes sistemas de gestão (ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e SA 8000) pelas organizações pode ser encarada como uma tentativa das mesmas para implementar um modelo de gestão sustentável das suas atividades. A importância que cada um terá na prossecução de um caminho para a sustentabilidade não é clara. Devido à falta de recursos da maioria das pequenas e médias empresas (PME), a implementação de todos estes sistemas de gestão pode representar uma tarefa enorme. Nesse sentido, Tsai (2009) desenvolveu uma abordagem integrada para enfrentar eficazmente o desafio do desenvolvimento sustentável através de um novo modelo que permite hierarquizar os sistemas de gestão disponíveis, e que consiste na formulação de um problema de tomada de decisão com múltiplos critérios. Por outro lado, Burke (2007) atribui à norma ISO 14001 o papel fundamental para a fundação e desenvolvimento de uma gestão sustentável, relegando os outros sistemas de gestão para uma posição secundária. O autor propõe uma metodologia para implementar uma gestão sustentável assente na ISO 14001, e que consiste em dois níveis: o primeiro realçando a certificação ISO 14001 e o segundo voltado para a gestão de todos os aspetos sociais, ambientais e económicos das atividades de uma organização.

O conceito de sustentabilidade, na sua génese, foi alvo de uma discussão a um nível nacional e internacional. Com o disseminar do conceito, surgiu a preocupação de tornar o conceito mais operacional ao nível organizacional (JORGENSEN, 2008). Sustentabilidade pode ser definida como sendo uma mistura de práticas sociais, ambientais e económicas dentro de uma empresa (BURKE e GAUGHRAN, 2007). Promover um desenvolvimento sustentável é um desafio global, só possível de superar com a contribuição de todos os intervenientes na economia global. Embora cada organização ou empresa possa percecionar a sua contribuição como insignificante na perseguição desse objetivo, a verdade é que somente com a contribuição de todos é possível alcançá-lo. A contribuição das PME, por exemplo, tem sido descrita como um aspeto chave da meta do desenvolvimento sustentável. Ainda que os cálculos não sejam conclusivos, as PME são citadas como tendo contribuído com 70% do impacto da poluição ambiental global (HILLARY, 2004). O aparecimento do *Balanced Scorecard* (BSC) no início da década de 1990 revolucionou a abordagem utilizada para avaliar o desempenho das organizações. Até então, a avaliação estava totalmente centrada na análise de indicadores financeiros, pelo que começou a surgir a ideia de que essa abordagem era redutora e que poderia

comprometer a capacidade das organizações criarem valor no futuro. O BSC introduziu a avaliação do desempenho da organização segundo diferentes perspetivas, ainda que com a perspetiva financeira no centro da avaliação. Isto é, os objetivos financeiros de uma organização devem manter um estatuto de máxima importância no seu negócio. O BSC é um sistema assente na definição de objetivos em consonância com a estratégia e visão da organização para o seu negócio, de acordo com as diferentes perspetivas, e posterior avaliação do desempenho da mesma em relação aos objetivos traçados através da utilização de indicadores de desempenho. O BSC apresenta ainda três características que tornam o sistema adequado para gerir a estratégia organizacional:

- A capacidade do BSC traduzir a estratégia e visão de um negócio em atividades operacionais;
- O relacionamento hierárquico entre os diferentes objetivos estratégicos;
- A identificação dos indicadores e indutores de desempenho adequados à avaliação do desempenho da organização.

Ainda que o BSC pareça uma ferramenta dirigida para organizações orientadas para o lucro, a sua utilização nas organizações públicas/sem fins lucrativos tem-se revelado igualmente válida. Vários investigadores têm sugerido a utilização do BSC no setor público, ressaltando a necessidade de adaptar o mesmo à realidade das organizações do setor. Os próprios autores do BSC indicam que a estrutura, nomeadamente a posição hierárquica das perspetivas, não é rígida e deve-se moldar à realidade de cada organização. Nesse sentido, apresentaram-se neste trabalho vários modelos de BSC adaptados a este tipo de organizações. Realça-se que a principal alteração face ao BSC tradicional, e comum a todos os modelos, é a menor relevância da perspetiva financeira face às restantes. Isto é, a sua posição na estrutura do BSC nas organizações públicas traduz a ideia de que o lucro não é o objetivo central deste tipo de organizações. Por outro lado, é também comum a colocação da missão no topo da estrutura do BSC, isto é, toda a atividade da organização deve ter como objetivo final o cumprimento da sua missão, que representa a sua responsabilização em relação à sociedade. A utilização do BSC em IES segue a mesma lógica das restantes organizações públicas/sem fins lucrativos. A perspetiva financeira deve ceder a sua posição predominante para outra perspetiva, destacando-se nesse campo a introdução da educação/ensino como principal função das IES. O contributo do BSC para alargar o conceito de avaliação do desempenho das organizações foi significativo, mas não o suficiente para englobar a ideia de sustentabilidade. Para tal era necessária a aceitação de que os aspetos ambientais e sociais que resultam da atividade da organização são importantes e têm impacto no desempenho global da organização. A flexibilidade do BSC permite facilmente a adaptação da sua estrutura tradicional para uma abordagem mais alargada, originando dessa forma um SBSC. Assim, ao abrir a estratégia e visão da organização ao conceito de

sustentabilidade, este pode ser facilmente transportado para o campo operacional através da utilização de um SBSC. Existem duas abordagens para criar um SBSC que divergem basicamente na importância que o conceito de sustentabilidade apresenta na sua conceção. Um método introduz aspetos sociais e ambientais na estrutura BSC tradicional, o segundo sugere a criação de um scorecard específico para avaliação e gestão da sustentabilidade com a perspetiva “Sustentabilidade” no topo da sua hierarquia.

A AEm apresenta características que a tornam adequada para a avaliação da sustentabilidade: por um lado, aborda os problemas de um ponto de vista sistémico e global; por outro permite avaliar diferentes tipos de recursos utilizando uma só unidade de avaliação. Os conceitos de base para a realização da análise emergética foram apresentados no ponto III.3. A AEm apresenta várias características apelativas: utiliza uma unidade de avaliação comum a todos os tipos de recursos utilizados, possibilitando assim uma comparação mais justa; tem em consideração a diferença na qualidade de energia e a capacidade de realizar trabalho, utilizando para tal o conceito de transformidade; conecta sistemas económicos e ecológicos compensando a dificuldade de avaliar monetariamente inputs ambientais; e utiliza fundamentos termodinâmicos. A análise emergética tem percorrido um caminho lento e difícil para se tornar uma metodologia aceite pela comunidade científica. Uma das razões para esta dificuldade, e nesse sentido encontra paralelismo com o desenvolvimento sustentável, pode ser a relativa novidade que o conceito de energia representa, e estar ainda na categoria de “inovação”. Mas talvez o principal obstáculo seja a sua natureza ampla e a capacidade de abordar um sistema de uma forma holística, utilizando conceitos termodinâmicos, económicos e ecológicos. Ou seja, o que deveria funcionar como uma evidência da sua legitimidade enquanto método científico de avaliação de sustentabilidade, transformou a energia num alvo fácil para a crítica por parte de economistas, engenheiros e ecologistas.

Os emergistas têm tentado refutar as críticas realizando AEm a diferentes sistemas mas também respondendo diretamente às várias acusações proferidas pelos seus detratores. Três grandes obstáculos apontados pelos críticos e as tentativas para os ultrapassar foram apresentados neste capítulo:

1. Exergia Vs Energia – A clarificação entre os conceitos de exergia e energia tem movido o trabalho de vários investigadores. Do seu trabalho ficou mais claro que a AEm não deve ser encarada como um método concorrente ou alternativo à análise exergética, mas antes como um método complementar. A análise exergética fornece uma visão mais clara do processo em si, enquanto a AEm é útil para perceber o contexto em que o processo se insere e as suas relações com as dinâmicas ambientais.

2. Incerteza nos cálculos – Mesmo entre emergistas existem diferentes sensibilidades em relação à abordagem que deve ter-se na incerteza nos cálculos associados à AEm. Ao longo dos anos, os analistas emergéticos pareciam desvalorizar a importância de cálculos de incerteza ou colocar a sua importância em perspetiva, afirmando que a análise de incerteza representa também um problema noutras metodologias contabilísticas (análise de exergia ou em avaliação do ciclo de vida), ou atestando que a avaliação emergética funciona como uma primeira avaliação grosseira do desempenho de um sistema (sendo possível ainda uma maior precisão reduzindo a janela de tempo e espaço do limite do sistema). Os emergistas têm apontado um valor máximo de incerteza nos resultados AEm (uma ordem de grandeza), mas fazem-no de forma empírica, com base na sua sensibilidade. O próprio Odum reconheceu desde o início que o cálculo de incerteza da transformidade tem uma incerteza incorporada mas, implicitamente, negligencia a sua importância ao assumir que transformidades generalizadas não diferem significativamente de qualquer caso específico. Os críticos da AEm, porém, têm continuamente apontado a falta de análise de incerteza aos seus cálculos como uma grande falha no método, especialmente por causa dos valores médios utilizados para transformidade. Não foi até há um par de anos atrás que esforços adequados começaram a ser feitos no sentido de desenvolver métodos para avaliar a incerteza na AEm. Investigadores usaram métodos estatísticos analíticos (variância, variância geométrica e método de Taylor) e estocásticos (método de Monte Carlo) para avaliar a incerteza no cálculo de transformidades, e concluíram que os métodos analíticos são mais apropriados ainda que os resultados entre os dois tipos de método não seja significante.
3. Álgebra Emergética – A álgebra emergética é significativamente diferente da álgebra utilizada, por exemplo, na análise exergética. A primeira preocupa-se com a conservação de energia em cada fluxo de entrada no sistema enquanto a última utiliza a conservação de energia ao nível do componente ou da totalidade do sistema. Este facto resulta, em última instância, numa das principais características da AEm: quando um sistema tem múltiplos outputs é necessário fazer a distinção entre coprodutos ou frações. A dupla contagem é a principal fonte de potencial erro nos cálculos emergéticos, nomeadamente através da contabilização de dois coprodutos de um sistema A como inputs num sistema B, e somando assim a emergia de ambos coprodutos. Vários investigadores tentaram clarificar a álgebra emergética através de várias abordagens matemáticas, alguns deles sem conseguir eliminar a dupla contagem. Noutro sentido, dois autores propuseram uma abordagem diferente, baseada numa interpretação prévia qualitativa de todos os inputs do sistema.

Apesar das melhorias e desenvolvimentos efetuados na metodologia AEm, a tarefa não está terminada. Ao longo dos anos, tem sido claro o esforço empregue para provar a validade da AEm, nomeadamente através da sua utilização conjunta com outras metodologias ou técnicas cientificamente mais consolidadas, e de aperfeiçoamentos na metodologia recorrendo às críticas à mesma. No entanto, e apesar dos referidos esforços, a AEm não é o conceito consolidado que os emergistas queriam que fosse. Uma das razões para o relativo insucesso da ferramenta poderá estar relacionada com a falta de uma ferramenta, utilizável no “mundo real”, que permita utilizar o conceito de energia como avaliador de sustentabilidade. Deve ser feita mais investigação no sentido de transformar a AEm numa ferramenta de gestão facilmente utilizável a nível estratégico e/ou operacional no interior de uma organização, ao mesmo tempo que tem em consideração as melhorias recentes efetuadas na metodologia AEm.

CAPÍTULO IV – A GESTÃO E AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS ORGANIZAÇÕES: UMA NOVA METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada uma metodologia para gerir e avaliar a sustentabilidade de organizações. Atendendo às vantagens e limitações das três ferramentas de gestão apresentadas no Capítulo III (sistemas de gestão normalizados, Business Scorecard, e análise emergética), e após uma análise à literatura relativa à gestão e avaliação da sustentabilidade de organizações no Capítulo II, a metodologia proposta neste Capítulo IV assenta na integração das três ferramentas mencionadas. A metodologia deverá englobar a grande atração dos sistemas de gestão normalizados: o pressuposto da inexistência de um estado ótimo de desempenho, e que resulta num processo de melhoria contínua da gestão da organização. A capacidade de tradução da perspetiva estratégica da gestão para o plano operacional, característica do BSC, deverá estar também presente na metodologia proposta. Por fim, a análise emergética servirá de ferramenta de avaliação da sustentabilidade e gerará indicadores de desempenho da sustentabilidade da organização.

O Capítulo IV está dividido em dois subcapítulos. O primeiro descreve o procedimento para a implementação e manutenção de um Sistema de Gestão da Sustentabilidade numa organização. Este sistema inclui a utilização da análise emergética como ferramenta de avaliação de desempenho da organização. Nesse sentido, e porque se detetou a falta de um procedimento “*standard*” para o processo de avaliação emergética, o segundo subcapítulo descreve um procedimento para a análise emergética, incluindo no processo alguns avanços feitos nos últimos anos neste âmbito (análise de incerteza e álgebra emergética).

IV.1 SISTEMA DE GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE

Um sistema de gestão da sustentabilidade permite a uma organização desenvolver e implementar uma política e objetivos para a sua sustentabilidade, tendo em conta requisitos legais e outros requisitos que a organização subscreva. Aplica-se aos aspetos da organização que esta identifique como sendo aqueles que pode controlar e influenciar. A estrutura para o sistema de gestão da sustentabilidade proposto é inspirada nos sistemas de gestão normalizados (Figura IV - 1). A gestão de topo da organização deve estar comprometida com o objetivo do sistema de gestão, e o instrumento indicado para garantir tal condição é a definição de uma Política (neste caso, para a Sustentabilidade).

Após a definição da Política, o sistema deve basear-se no ciclo PDCA: Planeamento-Implementação e Operação-Verificação-Revisão.

A fase de planeamento inclui, como primeiro passo, a análise emergética da organização, permitindo assim realizar uma primeira avaliação ao desempenho da organização e à sua posição no sistema maior em que se insere. A análise emergética permitirá o desenvolvimento de indicadores de desempenho emergético que podem depois ser utilizados como indicadores de sustentabilidade para o sistema de gestão. O segundo passo do planeamento será a definição da estratégia da organização para a aplicação da Política para a Sustentabilidade. A definição do Mapa Estratégico consolida o terceiro passo desta fase, possibilitando traduzir a estratégia em termos operacionais e compreender as relações causa-efeito entre diferentes objetivos estratégicos segundo diferentes perspetivas na gestão da sustentabilidade. A fase de planeamento termina com a definição dos indicadores de desempenho, metas e as iniciativas a implementar.

A terceira fase do Sistema de Gestão da Sustentabilidade refere-se à implementação do plano de ação com vista à prossecução do planeamento. O grau e eficácia da implementação do plano de ação deve ser verificado pela organização. Finalmente, a adequação do sistema de gestão à organização e a sua eficácia devem ser avaliados pela gestão de topo da organização.

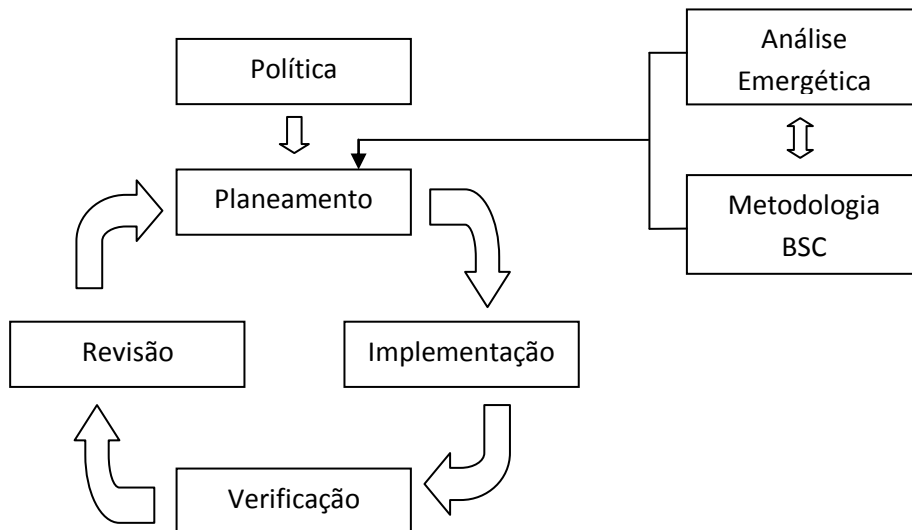


FIGURA IV - 1. ESTRUTURA DO MODELO PROPOSTO PARA A GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE EM ORGANIZAÇÕES

IV.1.1 DEFINIÇÃO DA POLÍTICA PARA A SUSTENTABILIDADE

A política para a sustentabilidade deve conter o compromisso para melhorar o desempenho da organização. A organização deve definir a Política para a Sustentabilidade e assegurar que:

- a) Contém a definição para o conceito de sustentabilidade que a organização adota, nomeadamente em que aspetos da(s) sua(s) atividade(s) se focaliza.
- b) Apresenta a Visão e os Valores que a organização defende em relação ao conceito de sustentabilidade.
- c) É apropriada à natureza e escala da organização.
- d) Inclui o compromisso para a melhoria contínua.
- e) Inclui o compromisso para o cumprimento dos requisitos legais ou outros a que a organização esteja sujeita em relação aos aspetos que influenciam o seu desempenho.
- f) É documentada e comunicada a todas as pessoas que trabalham na organização.
- g) É revista regularmente e atualizada quando necessário.

Na definição da Política para a Sustentabilidade é fundamental a declaração da Visão que a organização tem para o seu futuro. Esta deve traduzir a imagem que a mesma deverá ter num futuro mais ou menos distante, e deve, idealmente, ser inspiradora para todas as partes interessadas e servir de orientação para a definição da estratégia. De acordo com Niven (2003), a declaração da Visão de uma organização deve apresentar cinco características essenciais: concisa, equilibrada em relação aos elementos externos e internos, apelar a todas as partes interessadas, consistente com os seus valores, verificável, viável, e inspiradora.

IV.1.2 PLANEAMENTO

A organização deve elaborar e documentar um processo de planeamento, que deve ser consistente com a política para a sustentabilidade e originar atividades que contribuam para a melhoria contínua do desempenho ambiental, económico e social da organização e, conseqüentemente, da sua sustentabilidade. Tal como Brower e van Koppen sugerem (2008), um sistema de gestão deve considerar a diferenciação entre a componente estratégia e tática do seu planeamento e implementação - Figura III - 2. De forma a garantir esta dupla abordagem, o SGS proposto neste trabalho define que a fase de planeamento se diferencia no nível estratégico e tático. A ligação entre a visão estratégica e a implementação de atividades operacionais que permitam a sua execução é alcançada através do desenvolvimento do Mapa Estratégico, parte integrante da metodologia BSC, que possibilita a tradução das prioridades estratégicas em objetivos, metas e iniciativas operacionais.

IV.1.2.1 ANÁLISE EMERGÉTICA DA ORGANIZAÇÃO

A organização deve elaborar uma Análise Emergética de acordo com o procedimento patente no Subcapítulo IV.2. A Análise Emergética da organização permite:

- Compreender os mecanismos e o modo como o sistema pode ser influenciado e controlado pelo sistema maior que o engloba, facto que pode auxiliar na definição das “Partes Interessadas” – Subcapítulo IV.1.2.2.
- Identificar as principais fontes de recursos que a organização utiliza na sua atividade.
- Recolher a informação necessária para desenvolver os Indicadores de Desempenho Emergético, necessários no Subcapítulo IV.1.2.4.

Planeamento

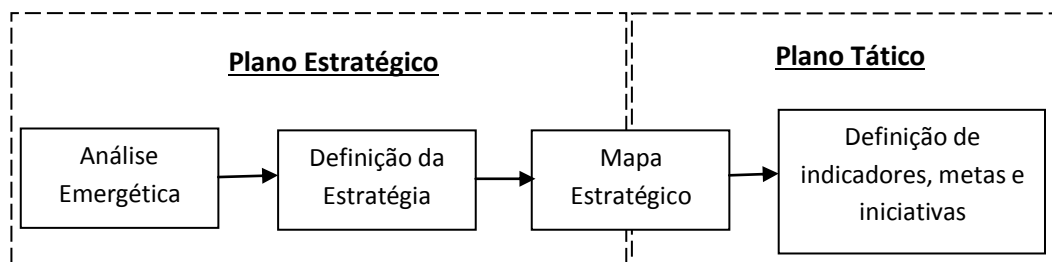


FIGURA IV - 2. FASES DO PLANEAMENTO DO SGS DE UMA ORGANIZAÇÃO, COM O MAPA ESTRATÉGICO A FUNCIONAR COMO “PONTE” ENTRE O PLANEAMENTO ESTRATÉGICO E O TÁTICO.

IV.1.2.2 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA

A Estratégia é a arte de executar a Política e deve compreender a ação, ou as ações, necessárias para alcançar os objetivos da Política. Existem várias abordagens que podem ser adotadas para formular a estratégia. Mintzberg et al. (1998), por exemplo, discutiram dez escolas de pensamento estratégico (escola cognitiva, escola cultural, escola ambiental, escola empreendedora, etc.), algo que aponta para a dificuldade em definir especificamente estratégia no âmbito empresarial. A metodologia apresentada neste capítulo utiliza uma abordagem sugerida por Niven (2003), e que consiste na prossecução dos quatro passos mais comuns no esforço de planeamento estratégico: análise às partes interessadas; análise SWOT; identificar as questões estratégicas; desenvolver a estratégia. A definição da Estratégia deve ter em conta as partes interessadas da organização. O primeiro passo passa pela identificação das mesmas e depois pela determinação das suas necessidades. A estratégia deve surgir da perceção da posição que a organização ocupa no atual e futuro contexto em que opera. Para essa avaliação, pode ser utilizada uma análise às forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (análise SWOT). A análise SWOT consiste na resposta às seguintes questões:

- Quais são as forças ou vantagens face aos concorrentes da organização?
- Quais são as fraquezas da organização?
- Que oportunidades se apresentam à nossa organização, na prossecução da Política?
- Quais as ameaças à prossecução da Política?

As respostas às questões acima devem ser sujeitas a uma análise detalhada, nomeadamente as interações entre forças e oportunidades e fraquezas e ameaças. Depois de identificados as partes interessadas e realizada a análise SWOT, a informação resultante serve para identificar as questões políticas fundamentais ou desafios críticos que a organização enfrenta, do ponto de vista da sua visão e valores; dos seus serviços/produtos; dos seus utilizadores e/ou clientes; do seu financiamento, organização ou gestão. Por fim, a organização deve definir as prioridades estratégicas gerais que a organização deverá perseguir para ultrapassar os desafios críticos.

IV.1.2.3 MAPA ESTRATÉGICO

A Estratégia deve ser uma consequência da Política para a Sustentabilidade, razão pela qual a última deve ser definida primeiro. Além disso, existe a necessidade de traduzir a Política da organização em objetivos estratégicos e estes em iniciativas operacionais. O Mapa Estratégico, parte integrante do Balanced ScoreCard (KAPLAN e NORTON, 1996), é uma ferramenta apropriada para desenvolver a tarefa.

O Mapa Estratégico permite descrever graficamente a estratégia da organização, através da utilização de objetivos estratégicos, associados a diferentes perspetivas internas e externas à organização, e relacionados hierarquicamente entre si (KAPLAN e NORTON, 1996). Deve ser, idealmente, um documento de uma página. O Mapa Estratégico, quando desenvolvido para explanar uma estratégia para a sustentabilidade, deve ser construído com base em quatro perspetivas (Figura IV - 3): Perspetiva Sustentabilidade; Perspetiva Partes Interessadas; Perspetiva Interna; Perspetiva Conhecimento e Competências. A perspetiva Sustentabilidade surge no topo no Mapa, significando que em última instância o que se pretende é assegurar os objetivos estratégicos que permitem a prossecução da estratégia para a sustentabilidade na organização (BSI *et al.*, 2001). Idealmente, deve existir uma prioridade estratégica associada a cada perspetiva do Mapa Estratégico (NIVEN, 2003). Para cada perspetiva devem ser elaborados objetivos estratégicos. No total, idealmente, devem ser desenvolvidos entre 10 a 20 objetivos, expressos através de declarações claras e concisas sobre o que a organização tem que fazer bem para alcançar as prioridades estratégicas. Questionar o papel da organização sob as diferentes perspetivas em relação ao conceito de desenvolvimento sustentável pode funcionar como método para gerar os objetivos estratégicos (Figura IV - 4). Estes últimos devem ser baseados na(s) resposta(s) às questões colocadas.

Um mapa estratégico bem construído deve ser capaz de descrever o modo de funcionamento da organização e os pontos críticos para o sucesso da sua estratégia. Os diferentes objetivos associados às diferentes perspetivas devem estar interligados entre si, demonstrando deste modo que a prossecução de um objetivo estratégico depende e/ou vai influenciar um outro (Figura IV - 4). A posição das diferentes perspetivas nas Figura IV - 3 e Figura IV - 4 traduz a hierarquia que os objetivos estratégicos possuem: em

primeiro lugar a organização deve assegurar que os seus colaboradores têm o conhecimento e as ferramentas necessárias para contribuir para a sustentabilidade; a formação adequada dos colaboradores da organização permite que os processos críticos internos à organização sejam desenvolvidos com sucesso; a qualidade dos processos internos deve responder às necessidades das partes interessadas da organização; e por fim, os objetivos estratégicos em relação ao conceito de sustentabilidade serão alcançados se as outras perspectivas tiverem sido consideradas.

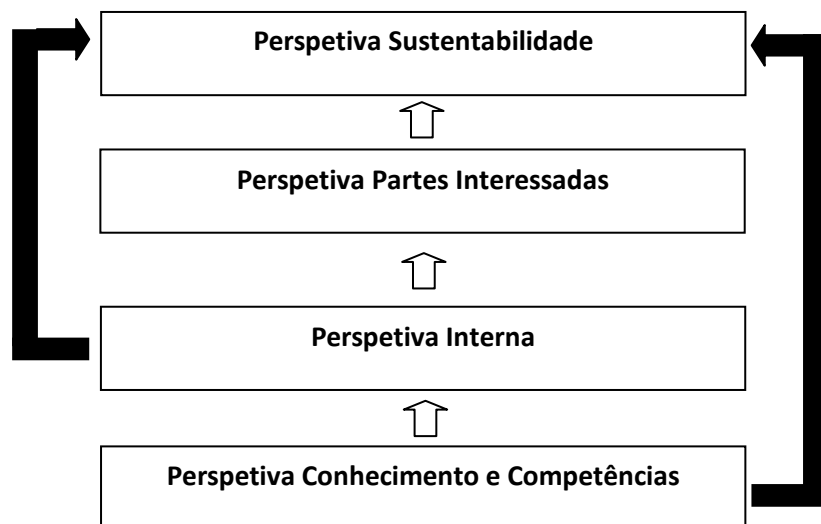


FIGURA IV - 3. PERSPETIVAS DE UM SBSC – ADAPTADO DE (BSI ET AL., 2001)

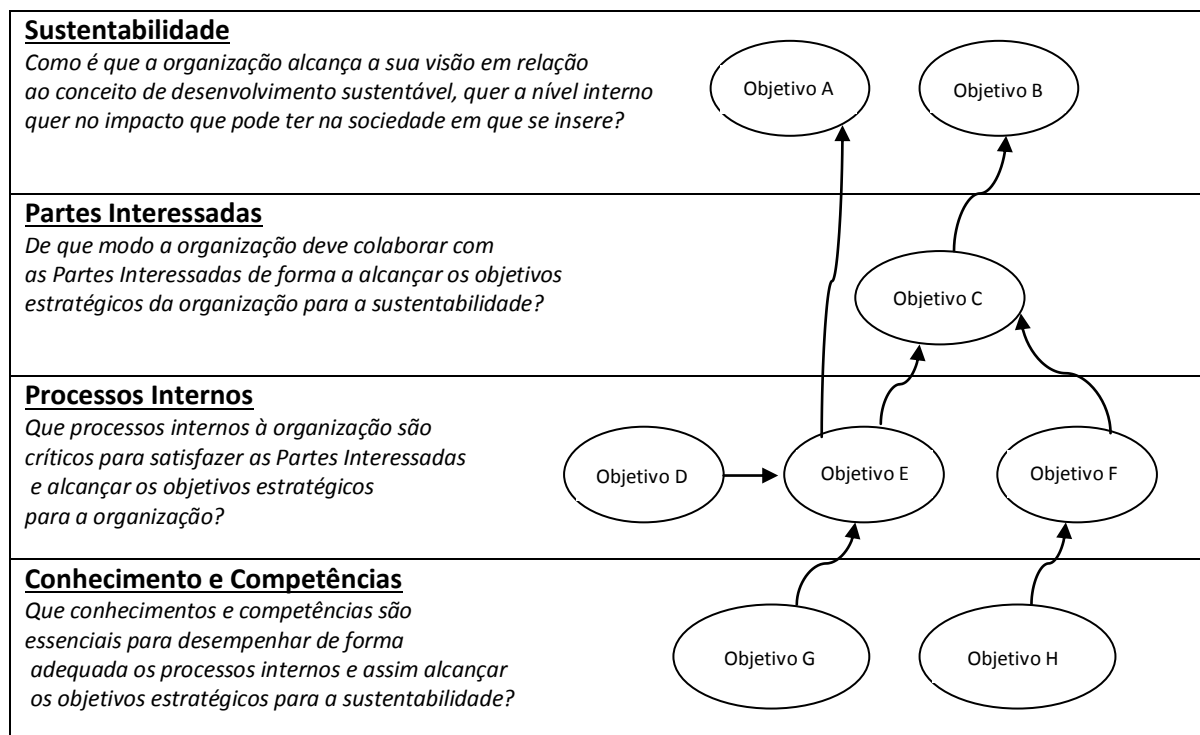


FIGURA IV - 4. EXEMPLO DE UM MAPA ESTRATÉGICO COM AS PERSPETIVAS DE UM SBSC.

IV.1.2.4 DEFINIÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO, METAS E INICIATIVAS

Os Objetivos de Desempenho devem ser avaliados e medidos utilizando Indicadores de Desempenho. Na execução da fase de Planeamento do Sistema de Gestão da Sustentabilidade, podem ser utilizados 3 tipos de Indicadores de Desempenho:

- Indicadores de entrada: são os elementos mais fáceis de medir, mas são pouco relevantes para a tomada de decisão e a análise de resultados (p.ex. tempo de trabalho, recursos orçamentais, número de pessoas, etc.). São normalmente utilizados para construir os Indicadores de Resultado.
- Indicadores de saída: retratam o resultado de uma atividade ou serviço de uma organização. Na maioria das vezes, esta medida não chega para avaliar o grau de satisfação dos objetivos estratégicos de sustentabilidade.
- Indicadores de resultado: pretende avaliar o benefício que a organização tira da implementação da estratégia para a sustentabilidade. Enquanto as Indicadores de Entrada e Saída avaliam o modo como o serviço é efetuado, as Indicadores de Resultado avaliam quão bem ele é efetuado. É nesta categoria que se inserem os indicadores emergéticos.

Os Objetivos de Desempenho devem ser avaliados utilizando uma mistura destes três Indicadores de Desempenho ao longo das diferentes perspetivas. A utilização de um catálogo de inventariação permite reunir a informação que caracteriza cada indicador de desempenho, e utilizar a mesma para justificar a sua escolha no âmbito do Sistema de Gestão da Sustentabilidade (Figura IV - 5).

Para os indicadores de desempenho da perspetiva “Sustentabilidade” não vão ser definidas metas. Estes indicadores vão antes funcionar como “indicadores de controlo”, na medida em que se pretende avaliar o impacto do sucesso na prossecução dos objetivos de desempenho situados hierarquicamente abaixo destes na sustentabilidade da organização.

Por definição, a meta representa um ponto ou local que se pretende atingir após desempenhar uma tarefa ou percorrer um caminho com sucesso. Por isso, a definição de metas de desempenho tem uma forte conotação com o futuro, e estas representam o resultado esperado num certo período ainda por decorrer. As metas são definidas para diferentes períodos de tempo (mensal, trimestral, anual, plurianual, etc.) e devem ser mensuráveis e consistentes com os objetivos e estratégia para a sustentabilidade. Ao estabelecer e rever as suas metas, a organização deve ter em conta os requisitos legais e outros requisitos que a organização subscreva. A definição de metas de desempenho pressupõe a existência de informação a partir da qual se podem construir as mesmas. Alguns exemplos:

- Tendência e *Baseline*: estudar os registos históricos de uma organização em relação a uma certa indicador de desempenho é geralmente o melhor método para assegurar um alvo que pode ser desafiante, sem ser irrealista.
- *Benchmarks*: a utilização de valores padrão específicos de indicadores de desempenho para determinadas organizações.
- Partes Interessadas: a opinião das partes interessadas na atividade da organização deve ser ouvida no processo de definição dos alvos de desempenho. Os clientes/usuários porque são os recetores finais dos serviços da organização e os colaboradores porque estão mais próximos da ação.

Perspetiva: <i>Identificação da Perspetiva à qual o indicador pertence</i>		Número/Nome do Indicador: <i>o indicador deve ser numerado o nome do indicador deve ser compacto, mas descritivo.</i>		Responsável: <i>nome do responsável pelo resultado do indicador</i>	
Estratégia: <i>Identificação da estratégia associada ao indicador</i>			Objetivo: <i>Identificação do objetivo estratégico que o indicador deve influenciar</i>		
Descrição: <i>o indicador deve ser descrito de forma concisa e precisa, de forma a justificar a sua importância para a organização e para alcançar o objetivo estratégico a que se propõe.</i>					
Lead/Lag:		Frequência: <i>frequência com que o indicador é atualizado (diário; mensal; anual...)</i>		Unidade: <i>como o indicador é expressado</i>	
				Polaridade: <i>pode ser positiva ou negativa. Positiva se um valor maior do indicador representa uma melhoria no mesmo. Negativa se a melhoria no indicador se traduz num menor valor.</i>	
Fórmula: <i>elementos utilizados para calcular o indicador</i>					
Fonte da informação: <i>indicação da origem da informação utilizada para caracterizar o indicador.</i>					
Qualidade da informação: <i>indicação sobre se a informação é de boa ou má qualidade</i>			Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>		
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>			Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>		
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>			Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>		

FIGURA IV - 5. EXEMPLAR DE UM CATÁLOGO DE INDICADORES DE DESEMPENHO

É o desenvolvimento e implementação de iniciativas que permite, potencialmente, atingir as metas de desempenho. As iniciativas podem ser atividades, projetos, programas ou ações que a organização adota. Para cada objetivo estratégico de cada Perspetiva devem ser sugeridas iniciativas que permitam alcançar as metas de desempenho definidas anteriormente. A organização deve estabelecer, implementar e manter planos de ação para alcançar os objetivos e metas a que se propõem. Os planos de ação devem conter, pelo menos, a designação dos responsáveis e os meios e prazos para atingir as metas.

IV.1.3 IMPLEMENTAÇÃO E OPERAÇÃO

IV.1.3.1 RECURSOS, ATRIBUIÇÕES, RESPONSABILIDADES E AUTORIDADE

A gestão de topo deve garantir a disponibilidade de recursos humanos, técnicos e financeiros para implementar, manter e melhorar o sistema de gestão da sustentabilidade da organização. As atribuições, responsabilidades e a autoridade sobre o sistema de gestão da sustentabilidade devem ser definidas, documentadas e comunicadas de forma a proporcionar uma gestão eficaz. Como resultado, a gestão de topo deve nomear um coordenador do sistema de gestão da sustentabilidade, com atribuições, responsabilidade e autoridade para:

- Construir uma Equipa para a Sustentabilidade.
- Assegurar que o sistema de gestão da sustentabilidade é estabelecido, implementado e mantido de acordo com os requisitos desta norma.
- Proporcionar um canal de comunicação entre a Equipa para a Sustentabilidade e a Gestão de Topo.
- Relatar à Gestão de Topo o desempenho do sistema de gestão ambiental, para efeitos de revisão, incluindo recomendações de melhoria.

Idealmente, a Equipa para a Sustentabilidade deve compreender elementos que representem os diferentes níveis hierárquicos da organização – gestores, técnicos, administrativos – e os diferentes departamentos ou grupos da mesma.

IV.1.3.2 COMPETÊNCIA, FORMAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO

A organização deve identificar as necessidades de formação associadas à operação do seu sistema de gestão da sustentabilidade. A organização deve providenciar formação ou outras ações para responder a estas necessidades e deve manter os registos associados. A organização deve estabelecer, implementar e manter um ou mais procedimentos para as pessoas que trabalham para a organização ou em seu nome estarem sensibilizados para:

- a) A importância da conformidade para com a política para a sustentabilidade, os procedimentos e requisitos do sistema de gestão da sustentabilidade.
- b) O seu papel, responsabilidade e autoridade para atingir os requisitos do sistema de gestão da sustentabilidade.
- c) Os benefícios da melhoria do desempenho emergético.

A organização deve assegurar que os constituintes da Equipa para a Sustentabilidade recebem formação específica sobre o sistema de gestão da sustentabilidade.

IV.1.3.3 COMUNICAÇÃO

A organização deve estabelecer, implementar e manter um plano de comunicação com o objetivo de:

- Conscientizar todos os níveis da organização acerca do sistema de gestão da sustentabilidade.
- Envolver e comprometer as principais Partes Interessadas da organização com o projeto.
- Encorajar a participação das Partes Interessadas e colaboradores da organização na construção e implementação do projeto.
- Assegurar a rápida e efetiva disseminação dos resultados do projeto.

O plano de comunicação deve conter os seguintes elementos chave:

- Audiência-alvo: dependendo do tipo e tamanho da organização, o sistema de gestão da sustentabilidade deve ser comunicado a diferentes grupos ou audiências, devendo estas ser especificadas.
- Objetivo: o que se pretende comunicar e o propósito da comunicação varia com a audiência-alvo, pelo que se deve especificar no plano de comunicação.
- Comunicador: o responsável pela comunicação para cada audiência deve ser definido.
- Frequência da comunicação: a frequência com que a informação relativa ao sistema de gestão da sustentabilidade é comunicada deve variar com a audiência-alvo.
- Veículo da comunicação: o modo como a informação é transmitida deve também ser definido no plano de comunicação.

IV.1.3.4 DOCUMENTAÇÃO

A organização deve manter informação, em formato físico ou digital, que descreva os elementos centrais do Sistema de Gestão da Sustentabilidade e as suas interações, incluindo:

- a) A Política para a Sustentabilidade
- b) A Avaliação Emergética de acordo com o procedimento descrito no ponto IV.2 deste documento, e cuja aplicação resultará num documento que pode ser exemplificado pelo Anexo III.
- c) Outros documentos que a organização considere importantes.

A organização deve estabelecer, implementar e manter um ou mais procedimentos para:

- a) Aprovar documentos quanto à sua adequação antes da respetiva emissão;
- b) Rever e atualizar os documentos quando necessário;

- c) Assegurar que são identificadas as alterações e o estado atual da revisão dos documentos;
- d) Assegurar que as versões relevantes dos documentos aplicáveis estão disponíveis nos locais de utilização
- e) Assegurar que os documentos permanecem legíveis e fáceis de identificar
- f) Assegurar que os documentos de origem externa definidos pela organização como necessários ao planeamento e operação do sistema de gestão da sustentabilidade são identificados
- g) Prevenir a utilização de documentos obsoletos, e identifica-los devidamente caso estes sejam retidos por qualquer motivo.

IV.1.4 VERIFICAÇÃO

IV.1.4.1 MONITORIZAÇÃO, MEDIÇÃO E ANÁLISE

A organização deve estabelecer, implementar e manter um ou mais procedimentos para monitorizar e medir de forma regular as características principais das suas operações que possam ter influência no seu desempenho, nomeadamente no cumprimento dos objetivos e metas definidos no âmbito do SGS. Este(s) procedimento(s) deve(m) incluir a documentação da informação necessária para a construção da análise emergética da organização, da construção dos indicadores de desempenho e da definição de metas de desempenho.

IV.1.4.2 CONTROLO DE REGISTOS

A organização deve estabelecer, implementar e manter um ou mais procedimentos para a identificação, armazenamento, proteção, recuperação, retenção e eliminação dos registos.

Os registos devem manter-se legíveis, identificáveis e rastreáveis.

IV.1.4.3 AUDITORIA INTERNA

A organização deve efetuar auditorias internas em intervalos de tempo planeados, de modo a assegurar que o SGS:

- está em conformidade com as disposições planeadas para a gestão da sustentabilidade, incluindo os requisitos desta norma;
- está efetivamente implementado e se é mantido.

O planeamento e a calendarização da auditoria devem ser desenvolvidas tendo em consideração o estado e a importância dos processos e áreas sujeitas à auditoria, assim como os resultados de auditorias anteriores.

Os resultados da auditoria devem ser mantidos e reportados à gestão de topo.

IV.1.5 REVISÃO PELA DIREÇÃO

A gestão de topo deve rever o SGS da organização a intervalos planeados, de forma a assegurar que continua adequado, suficiente e eficaz. As revisões devem incluir a avaliação de oportunidades de melhoria e a necessidade de alterações ao sistema de gestão da sustentabilidade, incluindo a política para a sustentabilidade, os objetivos estratégicos e as metas de desempenho.

Os registos da revisão pela direção devem ser mantidos.

A informação necessária para a revisão pela gestão deve incluir:

- Resultado das auditorias internas e avaliações de conformidade com os requisitos legais e outros que a organização subscreva;
- Comunicações das partes interessadas, incluindo reclamações;
- O desempenho emergético da organização;
- O grau de cumprimento dos objetivos e metas;
- O estado das ações preventivas e corretivas;
- As ações de seguimento resultantes de anteriores revisões pela gestão;
- Alterações de contexto, nomeadamente dos requisitos legais e outros que interessem à atividade da organização;
- Recomendações de melhoria.

Outputs da revisão pela gestão devem incluir decisões ou ações relacionadas com mudanças:

- Na política para a sustentabilidade.
- Nos objetivos, metas e outros elementos do SGS.

IV.2 PROCEDIMENTO PARA UMA ANÁLISE EMERGÉTICA DE UM SISTEMA

A Análise Emergética deve ser encarada com uma parte constituinte do SGS. Tal como mencionado no início deste capítulo, a análise emergética representa a ferramenta através da qual é avaliada a sustentabilidade da organização que pretende implementar o SGS.

Nas próximas linhas será definido um procedimento para a análise emergética de sistemas. Este procedimento, inspirado no procedimento original de avaliação de energia proposto por Odum (1996), pretende tornar-se uma ferramenta utilizável em qualquer contexto, sempre que o objetivo seja avaliar a sustentabilidade de um sistema utilizando a teoria emergética. Nesse sentido, o procedimento em causa inspirou-se também noutros procedimentos normalizados (ISO 14044), ao mesmo tempo que foram introduzidas as melhorias que têm sido efetuadas no âmbito da avaliação emergética (nomeadamente no âmbito da álgebra emergética e análise de incerteza).

O fluxograma da Figura IV - 6 sintetiza o procedimento proposto neste trabalho para a realização de uma análise emergética a um sistema. O primeiro passo para a realização da análise consiste na definição do objetivo e âmbito da mesma. Depois deverá ser construído um diagrama emergético do sistema, representando graficamente o objetivo e âmbito da análise e o próprio sistema. A tabela emergética deve conter a informação relativa aos principais fluxos de entrada e respetivas transformidades. No caso da informação relativa à Transformidade, o procedimento poderá ser mais ou menos complexo dependendo da existência do valor da transformidade previamente à análise em causa e do cumprimento com os critérios de qualidade da informação. Uma vez obtida a informação necessária para preencher a tabela emergética, o cálculo da energia total utilizada no sistema, a transformidade do produto do mesmo e os indicadores emergéticos podem finalmente ser calculados.

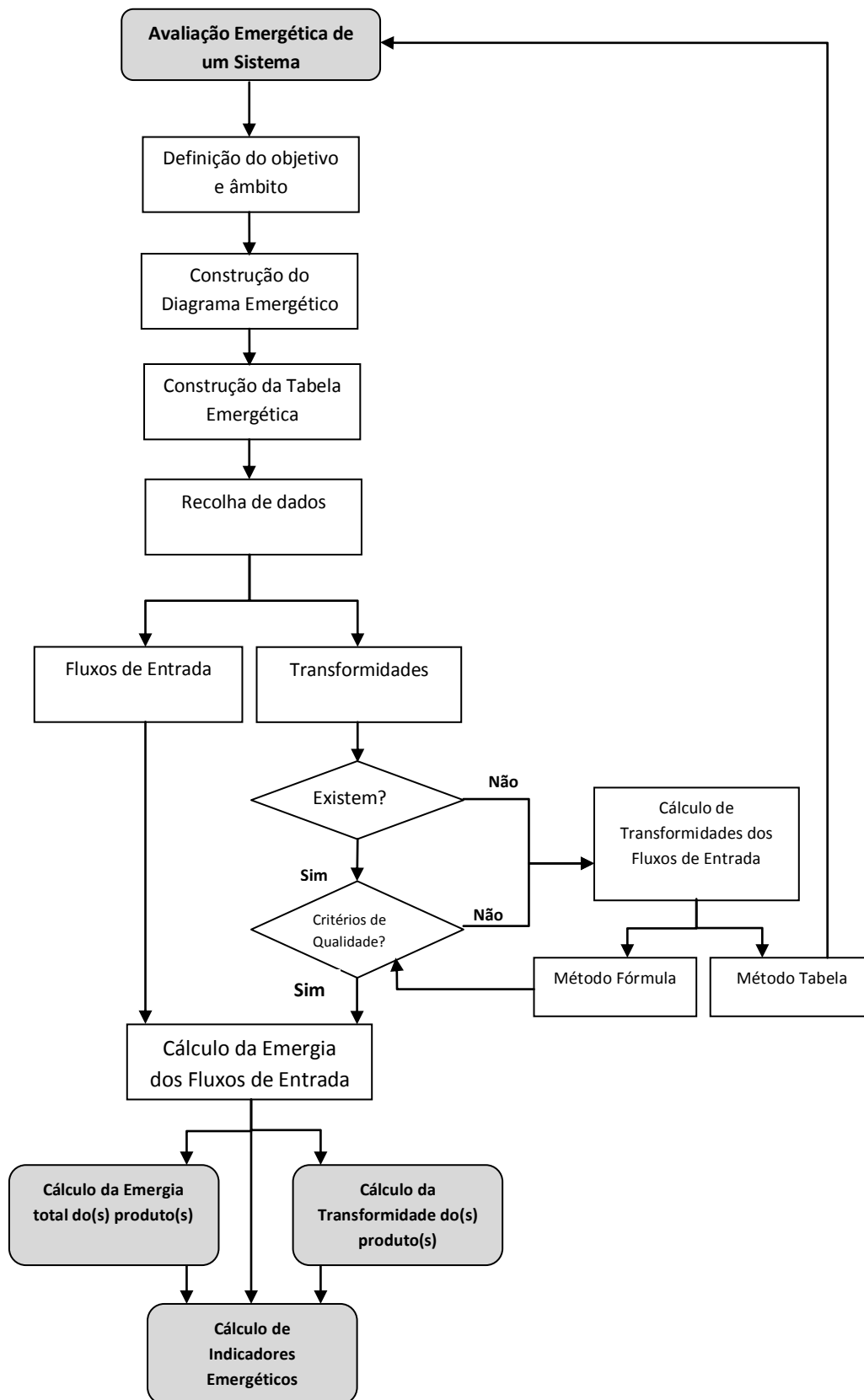


FIGURA IV - 6. FLUXOGRAMA QUE CONDENSE O PROCEDIMENTO A ADOTAR NA ANÁLISE EMERGÉTICA DE SISTEMAS.

IV.2.1 TERMOS E DEFINIÇÕES

Antes do início da análise, talvez seja pertinente sistematizar alguns termos e definição dos mesmos:

- a) Energia solar: Unidade de avaliação, que pode ser definida como a energia solar disponível que foi anteriormente utilizada, direta ou indiretamente, no trabalho realizado para produzir um produto ou serviço.
- b) Transformidade: Fator de conversão necessário para converter os fluxos de um processo, incluindo (diferentes tipos) energia inerente a diferentes materiais e serviços, em energia. A Transformidade pode ser definida como sendo a energia solar requerida para fazer um Joule de um produto ou serviço (energia por unidade de energia, i.e, sej/J).
- c) Fluxo de entrada: Fluxo de recursos externos e internos ao sistema e que contribuem para o processo em que resulta(m) o(s) output(s) do sistema.
- d) Fluxo externo: Entrada de recursos externos ao sistema e que atravessam a fronteira contribuindo para o processo global do sistema. Incluem recursos ambientais, combustíveis, minerais, dinheiro, bens e serviços.
- e) Fluxo interno: Depósitos, processos e componentes internos à fronteira do sistema e que contribuem para o processo global do sistema.
- f) Fronteira do sistema: A fronteira do sistema estabelece o limite de análise do sistema, diferenciando os componentes internos dos fluxos externos ao sistema.
- g) Emvalor: O poder de compra do dinheiro numa economia pode ser calculado dividindo a energia total utilizada pelo dinheiro que circula na mesma economia (Rácio Energia/Dinheiro). Deste modo, se um fluxo de energia é responsável por uma porção da riqueza criada num sistema económico, podemos inferir que esta proporção do poder de compra no sistema se deve a esse fluxo emergético.

IV.2.2 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ÂMBITO

O objetivo e âmbito da análise emergética devem ser definidos claramente e ser consistente com a aplicação pretendida. A definição do objetivo da avaliação emergética deve conter: a aplicação pretendida; as razões que motivaram o estudo; a audiência prevista. Na definição do âmbito da avaliação emergética os seguintes itens devem ser considerados e claramente descritos: o sistema a ser analisado e a fronteira do sistema; e os pressupostos assumidos.

A definição da fronteira do sistema determina os fluxos de entrada e os outputs do sistema a analisar. Permite ainda diferenciar os fluxos externos ao sistema, e que atravessam a fronteira, dos recursos internos à mesma fronteira. A definição da fronteira deve ser consistente com o objetivo da avaliação. O critério utilizado para estabelecer a

fronteira do sistema deve ser identificado e explicado. A fronteira deve ser ilustrada com a elaboração do diagrama energético do sistema.

IV.2.3 ANÁLISE DE INVENTÁRIO

IV.2.3.1 DIAGRAMA DO SISTEMA

De forma a ter uma visão global do problema, deve-se elaborar um diagrama do sistema em estudo. Desta forma será possível compreender os mecanismos e o modo como o sistema pode ser influenciado e controlado por um sistema maior que o engloba. A definição da fronteira é importante nesta fase, na medida em que desta forma é possível diferenciar os componentes e processos internos do sistema das influências exteriores ao mesmo.

Desenhar o diagrama implica a realização do inventário dos componentes e processos que compõem o sistema. Uma primeira versão do diagrama deve ser relativamente detalhada e complexa, uma vez que deve conter todos os constituintes do inventário.

Etapas para o desenho do diagrama:

1. Com base na definição da fronteira do sistema, separar os componentes internos do sistema das fontes de recursos exteriores ao mesmo.
2. Listar as fontes de recursos importantes. A importância relativa das fontes deve ser definida de acordo com um critério estabelecido.
3. Listar os principais componentes exteriores à fronteira do sistema
4. Listar os processos internos à fronteira do sistema (fluxos, relações, interações, produção, consumo). Incluir fluxos e transações monetárias importantes.
5. Desenhar o diagrama do sistema, começando com as fontes de recursos externas colocadas ao redor da forma retangular que define a fronteira. Desenhar os componentes no interior da fronteira. As fontes e os componentes devem ser desenhados em ordem crescente de transformidade da esquerda para a direita. Ligar os componentes.
6. Reduzir a complexidade do diagrama. O detalhado diagrama inicial pode ser simplificado agregando alguns dos seus componentes. Os fluxos que restam serão aqueles avaliados na tabela da análise emergética.

O diagrama do sistema deve ser desenhado utilizando os símbolos característicos da análise de sistemas de energia. Existem símbolos com diferentes significados energéticos e matemáticos e que podem ser utilizados para caracterizar os diferentes componentes do diagrama.

IV.2.3.2 TABELA EMERGÉTICA

A agregação efetuada resulta num diagrama do sistema simplificado, cujos fluxos de entrada devem estar presentes na tabela de avaliação emergética. A tabela de avaliação deve conter 8 colunas e o número de linhas adequados ao conjunto de fluxos a contabilizar.

- Coluna 1: Número da linha – Listar os fluxos a ser avaliados. Para cada linha da tabela, existirá uma nota de rodapé com a mesma numeração abaixo da mesma com a apresentação das fontes dos dados e cálculos que resultam nos valores dos fluxos (Coluna 3).
- Coluna 2: Nome do fluxo – Descrição do fluxo a ser avaliado.
- Coluna 3: Valor do Fluxo – Cada linha da tabela terá que ser avaliada quantitativamente em relação ao seu fluxo no sistema. A avaliação será feita em termos energéticos (J), físicos (kg) ou monetários (€) dependendo do tipo de fluxo. Para materiais cuja energia disponível não seja facilmente calculável pode utilizar-se o seu peso em substituição da unidade energética. De forma semelhante, os serviços ou trabalho que interagem no sistema podem ser contabilizados monetariamente.
- Coluna 4: Variância do Valor do Fluxo – caso o valor do fluxo seja contabilizado como um valor médio, nesta coluna deve ser introduzida a sua variância.
- Coluna 5: Transformidade – Nesta coluna deve constar o fator de conversão utilizado para converter o valor da coluna 3 num fluxo de energia.
- Coluna 6: Variância da Transformidade – caso a Transformidade seja contabilizado como um valor médio, nesta coluna deve ser introduzida a sua variância.
- Coluna 7 – Energia – Este valor resulta da multiplicação da coluna 3 pela coluna 5. Os valores desta coluna devem ser expressados na mesma potência de 10 para facilitar a comparação entre as diferentes linhas.
- Coluna 8 – Emvalor – Os fluxos podem ser expressos em energia solar, mas também em emdollars. O emvalor do fluxo pode ser encontrado dividindo a energia do mesmo pelo rácio Energia/Dinheiro da economia em que se insere o sistema.

TABELA IV - 1. ESTRUTURA DA TABELA EMERGÉTICA

Número	Fluxo de Entrada			Transformidade		Energia	Emvalor
	Nome	Valor	Variância	Valor	Variância		
1							
...							
n							

IV.2.3.3 RECOLHA DE DADOS

A informação necessária para a avaliação emergética depende do objetivo e âmbito da avaliação e da fronteira do sistema. Por outro lado, independentemente do objetivo e âmbito, por cada fluxo de entrada são necessários dois tipos de dados: valor quantitativo do fluxo de entrada e a respetiva transformidade.

- Fluxos de entrada: quando o alvo da avaliação emergética é um sistema específico (por exemplo, avaliação emergética da construção, manutenção e utilização de um edifício específico numa cidade portuguesa) a maior parte dos dados podem ser medidos e recolhidos nesse mesmo sistema; se o que se pretende é avaliar um sistema-tipo (por exemplo, a geração de eletricidade) os dados podem ser recolhidos e calculados a partir de várias fontes.
- Transformidades: as transformidades dos fluxos de entrada são recolhidas a partir de outras fontes ou, caso não existam na literatura ou não cumpram os requisitos de qualidade da informação, calculados para o sistema sob avaliação.

Deve ser recolhida a informação quantitativa necessária para caracterizar cada fluxo do sistema (coluna 3 na tabela emergética). Esta informação, quer seja medida, calculada ou estimada, serve para quantificar os fluxos de entrada e consequentemente os outputs do sistema. Utilizando o Número de Linha como indicação, as fontes e os cálculos utilizados para obter o Valor de Fluxo de cada linha da tabela deverão ser referenciados e registados.

Em relação às Transformidades, sempre que sejam utilizados valores existentes, ou seja, previamente calculados, estes devem ser referenciados na tabela. Quando o valor da Transformidade do fluxo a contabilizar não está disponível, o método para o seu cálculo deverá ser descrito e registado. Existem dois métodos para calcular transformidades (INGWERSEN, 2010, LI *et al.*, 2011b):

- Fórmula: o cálculo baseia-se na utilização de modelos multiplicativos que utilizam fluxos e depósitos da biosfera para estimar o valor de transformidade de matérias-primas (minerais, combustíveis fósseis, água,...).
- Tabela: o cálculo envolve a realização da avaliação emergética do produto cuja transformidade se pretende avaliar e, como tal, a utilização da tabela emergética. Este método pode ser descrito como uma soma de produtos, onde as transformidades dos fluxos de entrada que contribuem para a energia total do produto que se pretende avaliar são multiplicadas pelas quantidades dos mesmos inputs, obtendo deste modo a energia de cada input. No final somam-se as energias dos diferentes inputs e obtém-se a energia do produto a avaliar.

Para calcular o Emvalor de cada linha é necessário encontrar o Rácio Energia/Dinheiro para a economia em que o sistema em análise se encontra. Isto é, a utilização do Emvalor está sujeita às mesmas condições da transformidade: pode ser utilizado um rácio disponível na bibliografia (e nesse caso deve ser referenciado); ou, caso não exista ou não cumpra os requisitos de qualidade, deve ser calculado para a economia em que o sistema se insere. Sendo um rácio de base anual, o seu cálculo deve ser atualizado na mesma base temporal. No entanto, é importante ter em atenção o tipo de economias que estão em causa: economias emergentes têm uma variação mais acentuada no seu rácio anualmente, sendo imperioso utilizar um rácio atualizado; economias num estado mais maduro e estável apresentam uma variação menor, pelo que podem ser utilizados rácios com algum tempo de maturação.

Devem ainda ser definidos os requisitos de qualidade da informação recolhida no âmbito da análise emergética. Os requisitos devem incluir:

- Horizonte temporal: informação sobre idade dos dados recolhidos e período mínimo de tempo sobre o qual a informação deve ser recolhida.
- Horizonte geográfico: área geográfica de onde a informação deve ser recolhida para satisfazer o objetivo da avaliação.
- Avaliação da incerteza da informação.
- Referenciação das fontes de informação.

IV.2.3.4 **ÁLGEBRA EMERGÉTICA E ALOCAÇÃO**

Quando os processos de um sistema resultam em múltiplos outputs, estes últimos podem ser, no âmbito da avaliação emergética, classificados numa de duas categorias: independentes ou coprodutos. Esta classificação vai influenciar a álgebra emergética do sistema em análise sob dois pontos de vista:

- 1) Caso existam múltiplos outputs no sistema, estes devem ser classificados como independentes ou coprodutos. A sua classificação como independentes ou coprodutos depende do grau de liberdade em alocar energia, massa ou moeda nos seus outputs: se estes surgem em proporções fixas, são coprodutos; se, por outro lado, é possível ajustar a alocação de energia, massa ou moeda nos outputs, então são independentes. Coprodutos apresentam a mesma energia e transformidades diferentes e os produtos independentes vice-versa.
- 2) Os fluxos de entrada num sistema são, em última análise, e quase sempre, outputs de outros sistemas. Nesse sentido, é importante juntar à análise quantitativa do fluxo de entrada uma análise qualitativa de modo a assegurar que não ocorre uma dupla contagem (a energia de dois coprodutos não pode ser adicionada).

O cálculo da emergência num sistema deve obedecer às seguintes regras (BROWN e HERENDEEN, 1996):

- 1) Toda a emergência que entra num processo é alocada no(s) seu(s) output(s).
- 2) Coprodutos de um processo apresentam, cada um deles, a totalidade de emergência utilizada no sistema (não há alocação).
- 3) Quando se formam múltiplos produtos independentes num sistema, cada um deles fica com uma porção de emergência proporcional ao fluxo de emergência (ou massa) que se lhe atribui.
- 4) Não pode haver dupla contagem de emergência no sistema.

De forma a garantir a inexistência de dupla contagem, os diferentes fluxos de entrada devem ser catalogados em relação a dois parâmetros: espaço e tempo. Desta forma, os fluxos de entrada são caracterizados de forma qualitativa.

IV.2.3.5 ANÁLISE DE INCERTEZA

Como já foi referido no ponto IV.2.3.3, são necessários dois tipos de informação para realizar a avaliação emergética: dados dos fluxos de entrada e respetiva transformidade. Como tal, estes dois tipos de informação podem representar fontes de incerteza na avaliação emergética do sistema. Por outro lado, a natureza da informação relativa aos fluxos de entrada e respetiva transformidade pode catalogar também o tipo de incerteza (INGWERSEN, 2010, LI *et al.*, 2011b):

1. Incerteza do cenário: deve calcular-se quando existem k subconjuntos de dados ($E_{1,k}, E_{2,k}, \dots, E_{n,k}$; $Tr_{1,k}, Tr_{2,k}, \dots, Tr_{n,k}$) disponíveis para calcular a emergência e/ou transformidade do produto alvo da avaliação emergética. Neste caso, a avaliação emergética de um produto é tal que este está funcionalmente relacionado com cada um dos subconjuntos específico de dados (diferentes cenários).
2. Incerteza nos parâmetros: deve calcular-se quando existe repetição de dados a nível elementar. O conjunto de dados disponível para caracterizar o sistema é composto por subconjuntos de valores para cada fluxo de entrada e/ou transformidade.

Dependendo do tipo de incerteza a avaliar, podem utilizar-se dois métodos para calcular a incerteza do cálculo: Método de Variância (incerteza do cenário) e Método de Taylor (incerteza nos parâmetros) - Figura IV - 7.

Considere um sistema com n fluxos de entrada (E_1, E_2, \dots, E_n) e respetivas transformidades (Tr_1, Tr_2, \dots, Tr_n), e com um output E . A Emergência e a Transformidade do output do sistema podem ser determinadas pelas seguintes funções:

$$Em = f(E_1, E_2, \dots, E_n, Tr_1, Tr_2, \dots, Tr_n) = \quad \text{EQ. IV - 1}$$

$$= (E_1 \times Tr_1 + E_2 \times Tr_2 + \dots + E_n \times Tr_n) = \sum E_i \times Tr_i$$

$$Tr = f(E_1, E_2, \dots, E_n, Tr_1, Tr_2, \dots, Tr_n, E) =$$

$$= \frac{(E_1 \times Tr_1 + E_2 \times Tr_2 + \dots + E_n \times Tr_n)}{E} = \frac{\sum E_i \times Tr_i}{E}$$

EQ. IV - 2

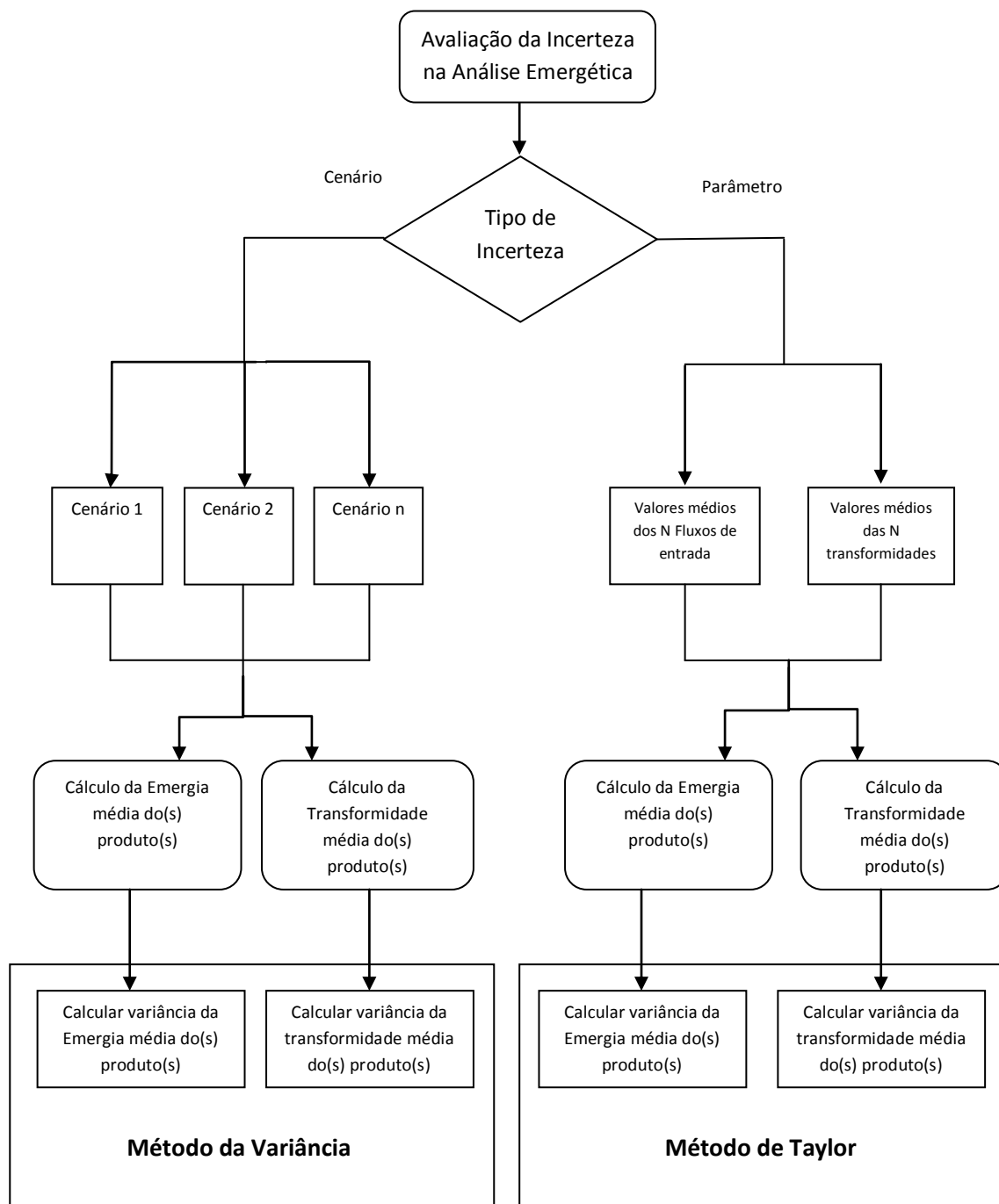


FIGURA IV - 7. FLUXOGRAMA PARA A ADOÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO DA INCERTEZA EM FUNÇÃO DO TIPO DE INFORMAÇÃO DISPONÍVEL.

Para efeitos de exemplo, vamos considerar apenas a avaliação da incerteza no cálculo de Transformidades. Quando existem k subconjuntos de dados ($E_{1,k}, E_{2,k}, \dots, E_{n,k}; Tr_{1,k}, Tr_{2,k}, \dots, Tr_{n,k}$) que podem caracterizar o mesmo sistema, estamos na presença de diferentes cenários de cálculo, e portanto utilizamos o Método da Variância. Nesta situação, cada output E_k está funcionalmente relacionado com um subconjunto k específico. Assim, a média e a variância (incerteza) da Transformidade (Tr) do output E pode ser calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned}\overline{Tr} &= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Tr_k = \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{(E_{1,k} \times Tr_{1,k} + E_{2,k} \times Tr_{2,k} + \dots + E_{n,k} \times Tr_{n,k})}{E_k}\end{aligned}\quad \text{EQ. IV - 3}$$

$$u^2(Tr) = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (Tr_k - \overline{Tr})^2 \quad \text{EQ. IV - 4}$$

Por outro lado, há situações em que não é possível estabelecer uma relação funcional entre subconjunto de dados específico e um output, mas existe repetição de dados a nível elementar (fluxos de entrada e transformidades). Ou seja, existe neste caso valor médio e variância dos n fluxos de entrada (E_1, E_2, \dots, E_n) e/ou das respetivas transformidades (Tr_1, Tr_2, \dots, Tr_n). A Emergia e a Transformidade do output do sistema podem ser determinadas pelas seguintes funções:

$$\begin{aligned}\overline{Tr} &= f(\overline{E_1}, \overline{E_2}, \dots, \overline{E_n}, \overline{Tr_1}, \overline{Tr_2}, \dots, \overline{Tr_n}, \overline{E}) \\ \overline{Tr} &= \frac{(\overline{E_1} \times \overline{Tr_1} + \overline{E_2} \times \overline{Tr_2} + \dots + \overline{E_n} \times \overline{Tr_n})}{\overline{E}}\end{aligned}\quad \text{EQ. IV - 5}$$

$$\begin{aligned}u^2(Tr) &= \left(\frac{\overline{Tr_1}}{\overline{E}}\right)^2 \times u^2(E_1) + \left(\frac{\overline{Tr_2}}{\overline{E}}\right)^2 \times u^2(E_2) + \dots + \left(\frac{\overline{Tr_n}}{\overline{E}}\right)^2 \times u^2(E_n) \\ &\quad + \left(\frac{\overline{Tr}}{\overline{E}}\right)^2 \times u^2(E) + \left(\frac{\overline{E_1}}{\overline{E}}\right)^2 \times u^2(Tr_1) + \left(\frac{\overline{E_2}}{\overline{E}}\right)^2 \times u^2(Tr_2) \\ &\quad + \dots + \left(\frac{\overline{E_n}}{\overline{E}}\right)^2 \times u^2(Tr_n)\end{aligned}\quad \text{EQ. IV - 6}$$

A definição da fronteira do sistema influencia o alcance da análise de incerteza efetuado no mesmo. A contribuição para o cálculo da incerteza deve limitar-se à incerteza associada aos fluxos de entrada e respetivas transformidades. Isto é, deve garantir-se que

os valores dos fluxos de entrada e respetivas transformidades são incorporados na análise com a respetiva incerteza associada.

IV.2.4 ÍNDICES DE AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

De modo a calcular índices úteis para a interpretação de resultados, o diagrama simplificado que serviu de base para a elaboração da tabela emergética pode ser alvo de nova simplificação tornando-se um diagrama de 3 braços: fluxos de entrada ambientais renováveis (R) e não renováveis (N); fluxos de entrada comprados ao exterior (F); e outputs produzidos (Y). A Figura IV - 8 apresenta um diagrama simplificado, ainda que neste caso o “braço” (F) esteja dividido em recursos/matérias-primas comprados (M) e serviços e trabalho avaliado em dinheiro (S), e o (I) se divida em recursos ambientais renováveis (R) e não renováveis (N).

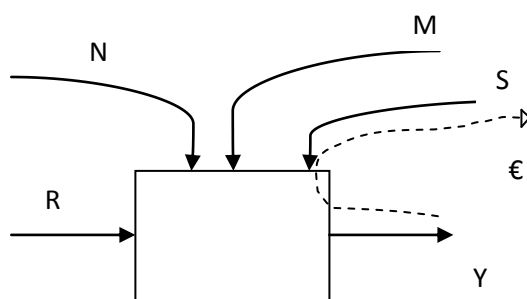


FIGURA IV - 8. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UM SISTEMA

Como exemplo, são apresentados alguns indicadores típicos das análises de emergia:

- Rácio do Investimento Emergético (EIR): mede a intensidade do desenvolvimento económico e o peso dos recursos ambientais no sistema.

$$EIR = \frac{F}{I} \quad \text{EQ. IV - 7}$$

- Rácio de Rendibilidade Emergética (EYR): mede a contribuição líquida do sistema para o sistema maior onde se inclui.

$$EYR = \frac{Y}{F} \quad \text{EQ. IV - 8}$$

- Rácio de troca de emergia (EER): a compra de um bem envolve a sua troca por uma quantia de dinheiro. O balanço emergético envolvido na troca do bem pode ser inferido calculando o EER.

$$EER = \frac{\text{Energia de um bem}}{\text{Energia do dinheiro pago}} = \frac{\text{Valor do fluxo} \times \text{Transformidade}}{\text{Emvalor}} \quad \text{EQ. IV - 9}$$

- Rácio de carga ambiental (ELR): mede a pressão que é efetuada sobre o ambiente e o nível de stress que é colocado no ecossistema devido à atividade económica.

$$ELR = \frac{N + F}{R} \quad \text{EQ. IV - 10}$$

- Índice de Sustentabilidade Emergética (EmSI): reflete a capacidade do sistema produzir os produtos desejados com o mínimo de stress ambiental e o máximo de lucro.

$$EmSI = \frac{EYR}{ELR} \quad \text{EQ. IV - 11}$$

IV.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Foi apresentado neste capítulo um sistema de gestão da sustentabilidade de organizações. O modelo apresentado baseia-se na integração de três metodologias utilizadas para gerir e/ou avaliar diferentes aspetos do funcionamento de organizações, procurando tirar partido das vantagens de cada uma delas.

O modelo dos sistemas de gestão normalizados (normalização ISO) apresenta um papel central na metodologia proposta. O conceito de “melhoria contínua” afigura-se como fundamental num sistema que pretende implementar o conceito “desenvolvimento sustentável” e avaliar o seu desempenho à luz do mesmo. Assim, o ciclo PDCA ou de Deming deve ser utilizado para implementar o sistema de gestão da sustentabilidade de acordo com uma Política para a Sustentabilidade que a organização deve desenvolver. Este documento deve definir o conceito de sustentabilidade que a organização adota, apresentar a visão que a organização apresenta em relação ao “desenvolvimento sustentável” e tornar o documento público de forma a demonstrar à sociedade o seu empenho. Definida a Política, a organização deve então entrar no ciclo PDCA propriamente dito: fase de planeamento; fase de implementação; verificação; e revisão.

É na fase de planeamento do sistema de gestão da sustentabilidade que se sugere a introdução das outras duas ferramentas: a análise emergética e o BSC. A análise emergética é importante para realizar uma primeira avaliação à organização, nomeadamente na identificação dos principais fluxos e produtos do sistema. A capacidade de avaliar todos os tipos de fluxos sob a mesma unidade permite ter uma visão holística e ponderada sobre os principais aspetos da atividade da organização sob o ponto de vista de utilização de recursos. A compreensão do modo de funcionamento da organização é vital para a definição da estratégia a adotar na execução da Política para a Sustentabilidade. A tarefa de traduzir a estratégia em termos operacionais é muitas vezes difícil e complexa. Nesse sentido, a utilização de um Mapa Estratégico, documento pertencente à metodologia BSC, revela-se uma importante ferramenta para fazer a transição entre o planeamento estratégico e o tático. O Mapa Estratégico deve conter objetivos estratégicos interligados entre si, demonstrando o modo como o sucesso da implementação da estratégia está dependente de vários objetivos dispersos pelas diferentes perspetivas da organização. Estes objetivos têm que ser avaliados recorrendo a indicadores de desempenho desenvolvidos para o efeito e o processo de melhoria no desempenho deve ser implementado através da definição de metas a alcançar para cada um dos indicadores de desempenho. Por fim, a transição do plano estratégico para o plano operacional fica completa com a definição de iniciativas que devem ser implementadas na atividade da organização de maneira a alcançar as metas a que a mesma se propõe.

Após a fase de planeamento, o ciclo de Deming deve prosseguir tal como nos sistemas de gestão ISO. Na fase de implementação e operação do sistema de gestão da sustentabilidade, a organização deve definir os recursos (financeiros e humanos) e atribuir responsabilidades para cumprir o que foi planeado. Nesta fase é também importante assegurar uma eficiente comunicação interna e externa, e definir de que modo a documentação referente ao SGS vai ser gerada, utilizada e armazenada. Depois de ter o SGS implementado, a preocupação da organização deve ser verificar o seu funcionamento, identificar falhas e propor melhorias. O SGS deve ainda ser revisto periodicamente pela gestão de topo da organização, decidindo sobre eventuais alterações ao SGS em função do desempenho da organização em relação aos objetivos e metas traçadas, mas também das eventuais falhas ou imperfeições do próprio SGS.

A segunda parte deste capítulo dedicou-se ao desenvolvimento de um procedimento para a realização da análise emergética de um sistema. Depois de analisada a literatura referente à utilização da análise emergética, identificou-se como necessária a definição de um procedimento “standard”, adotando um conjunto de tarefas e formato de apresentação de resultados que permita disseminar o conceito e tornar a ferramenta mais “utilizável”. Por outro lado, procurou-se dotar o procedimento com um conjunto de indicações que permitem ultrapassar limitações e inconvenientes apontados pelos críticos mas também utilizadores do método, nomeadamente: problemas de dupla contagem, cálculo da incerteza da análise e critérios de qualidade da informação utilizada.

CAPÍTULO V – GESTÃO E AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO: APLICAÇÃO DE UMA NOVA METODOLOGIA

Neste capítulo pretende-se estudar a aplicabilidade do modelo sugerido no Capítulo IV para implementar um sistema de gestão da sustentabilidade (SGS) numa organização e avaliar o seu desempenho. O modelo será aplicado na Universidade de Aveiro. Este Capítulo incide fundamentalmente no desenvolvimento da fase de Planeamento do SGS (Figura V - 1).

Antes do planeamento, a organização deve formular uma Política para a Sustentabilidade que permita suportar o SGS, destacando nesse documento a definição de sustentabilidade que adota e a sua Visão que defende em relação ao conceito de sustentabilidade na organização. No Anexo I desta tese encontra-se uma proposta para a Política para a Sustentabilidade da Universidade de Aveiro, entregue à sua Reitoria e que deve ser alvo de discussão antes de aprovada.

V.1 PLANEAMENTO DO SISTEMA DE GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE

Tal como descrito no Capítulo IV e ilustrado na Figura V - 1, a fase de Planeamento assenta num procedimento que integra a metodologia Business Scorecard (mais concretamente na metodologia SBSC, uma variação do BSC tradicional) e a análise emergética.

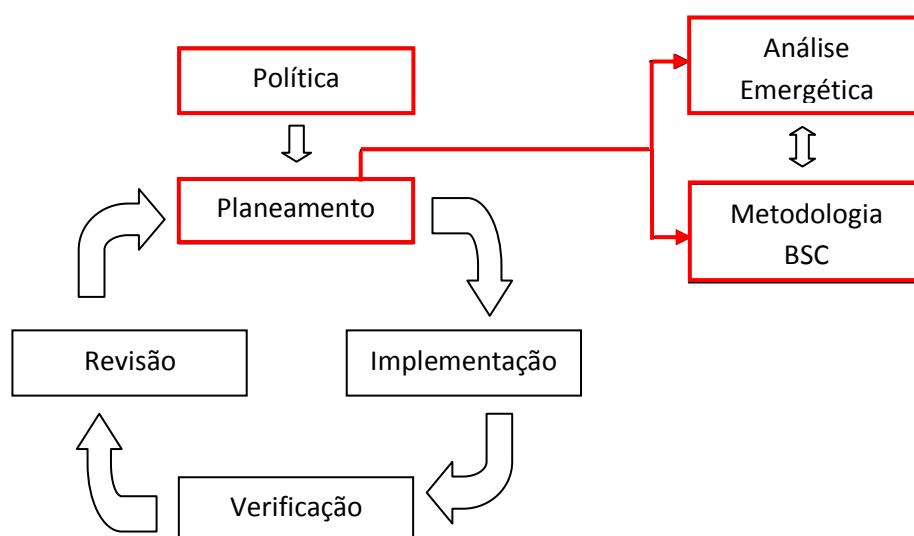


FIGURA V - 1. ESTRUTURA DO MODELO PROPOSTO NO CAPÍTULO IV, COM REALCE PARA A FASE DESCRITA NESTE CAPÍTULO V.

Além disso, o planeamento deve ser feito a dois níveis: estratégico e tático Figura IV-2. Do ponto de vista estratégico, é necessário definir uma estratégia para a concretização da Política para a Sustentabilidade da organização. A perceção do contexto em que a UA se insere e das interações que a organização possui com o meio económico, social e ambiental é fundamental para a definição da estratégia e pode ser realizada através da análise emergética da organização (subcapítulo V.1.1). A definição da estratégia deve derivar da Política para a Sustentabilidade e ser influenciada pelo resultado da análise emergética. No final deste processo deverá existir uma prioridade estratégica para cada perspetiva do SBSC. O terceiro passo da fase de planeamento contempla a construção do Mapa Estratégico, sendo este o passo que interliga o nível estratégico com o nível operacional do planeamento. Neste documento as prioridades estratégicas definidas no passo anterior devem desdobrar-se em objetivos de desempenho definidos para cada perspetiva do SBSC. O Mapa Estratégico deve ainda ser capaz de ilustrar as relações causa-efeito existentes entre os diferentes objetivos de desempenho e o modo como o sucesso alcançado nos objetivos de desempenho nas diferentes perspetivas influenciam o desempenho da organização na perspetiva “Sustentabilidade”. Por fim, devem-se definir os indicadores que permitem avaliar os objetivos de desempenho e as metas que se pretendem alcançar.

V.1.1 ANÁLISE EMERGÉTICA DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO

A análise emergética da Universidade de Aveiro vai ser efetuada de acordo com o procedimento descrito no Subcapítulo IV.2 do Capítulo anterior, e que se encontra sintetizado no fluxograma da Figura IV.6.

V.1.1.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ÂMBITO

A análise emergética será aplicada à Universidade de Aveiro (UA), com o objetivo de avaliar a sustentabilidade da organização. Esta análise está inserida no âmbito da fase de planeamento da implementação de um sistema de gestão da sustentabilidade. A Universidade de Aveiro pode dividir-se, geograficamente, por três áreas: a Escola Superior de Design, Gestão e Tecnologia de Produção de Aveiro Norte; A Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda; e o Campus Universitário de Santiago. O Campus Universitário de Santiago localiza-se na cidade de Aveiro, e representa o núcleo duro da Universidade, onde estuda e trabalha a esmagadora maioria da comunidade académica da UA.

Esta análise centrar-se-á no Campus Universitário de Santiago, definindo assim, geograficamente, a fronteira do sistema.

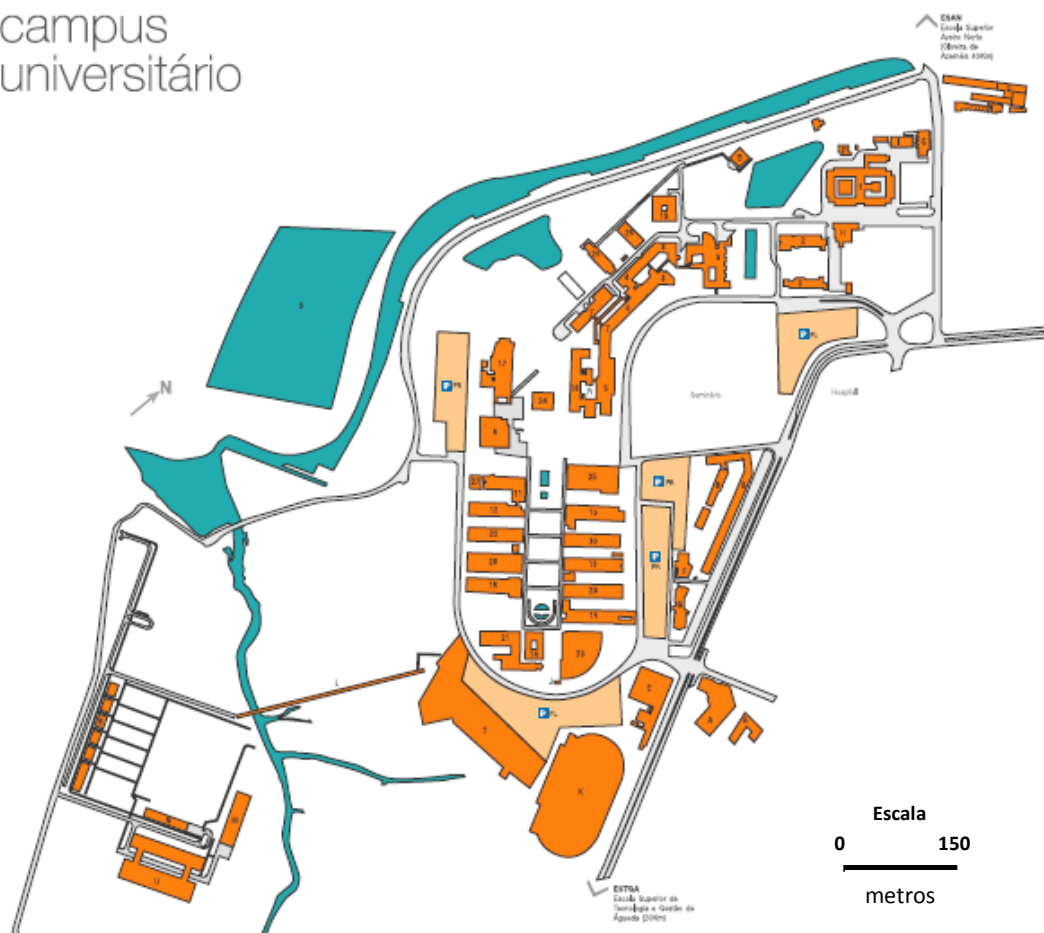


FIGURA V - 2. VISTA AÉREA DO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SANTIAGO

V.1.1.2 DIAGRAMA DO SISTEMA

Numa primeira avaliação, facilmente se compreende a existência de três principais fluxos/depósitos de recursos necessários para o funcionamento de uma Universidade (edifícios, informação e orçamento financeiro) e para a processamento de três produtos (formação de estudantes, serviços, publicações científicas).

No que respeita às infraestruturas, a organização e funcionamento do Campus Universitário de Santiago podem equiparar-se a uma área urbana. Isto é, existem no Campus edifícios laboratoriais, escolares, residenciais, administrativos e de serviços, cantinas e pavilhão desportivo que são fundamentais para o processo produtivo da UA. Do ponto de vista energético, estes edifícios representam um depósito no sistema, utilizando recursos energéticos e materiais na sua construção, mas também na manutenção e utilização dos mesmos.

Analisando a natureza dos produtos da UA, é clara a relevância da informação no processo produtivo da organização. Para a formação de estudantes, por exemplo, destacam-se duas fontes de informação: a bagagem intelectual que os alunos possuem aquando da sua entrada na universidade, e a informação que os mesmos recebem da sua interação com os professores. Nesse sentido, podem considerar-se dois depósitos de informação associados a cada tipo de portador de informação (alunos e professores), com taxas de renovação diferentes (maior nos alunos). Há ainda atividades de investigação que resultam em publicações e que são, em grande parte, realizadas por investigadores, e serviços que a universidade presta a entidades externas.

Por último, o terceiro elemento fundamental para o funcionamento da universidade é o seu orçamento financeiro. O orçamento é composto por financiamento público e receitas próprias (projetos de investigação, propinas e prestação de serviços).

Estes fluxos e depósitos e suas interações podem ser traduzidos, graficamente, sobre a forma de um diagrama emergético.

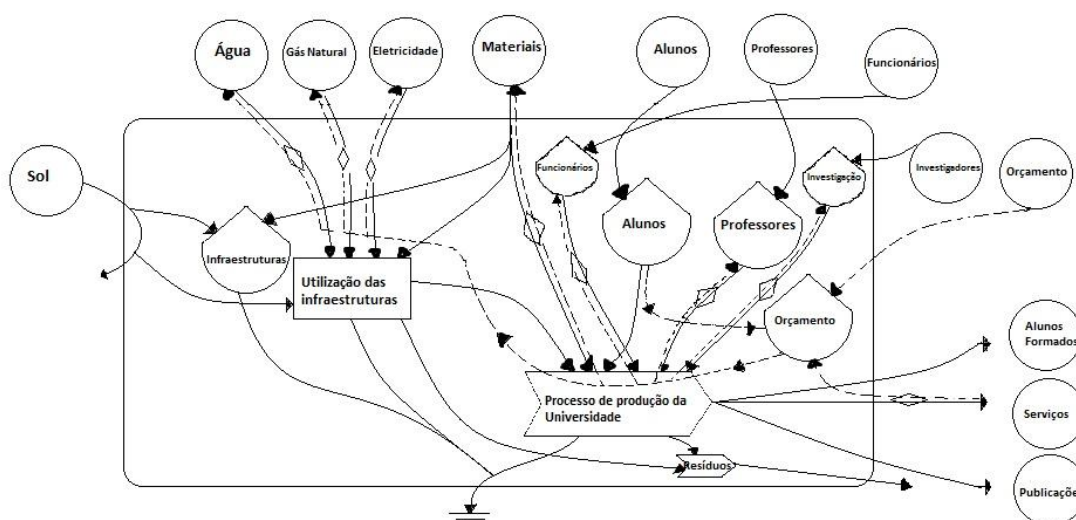


FIGURA V - 3. DIAGRAMA DE EMERGIA DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO

V.1.1.3 RECOLHA DE DADOS E CONSTRUÇÃO DA TABELA EMERGÉTICA

A construção da Tabela Emergética (Tabela V - 2) resultou da interpretação do diagrama emergético (Figura V - 3). A informação necessária para avaliar os fluxos de entrada, depósitos e fluxos de saída na Universidade de Aveiro foram obtidos através dos serviços técnicos e administrativos da organização. Os cálculos realizados para caracterizar cada fluxo e respetiva transformidade estão descritos com pormenor no Anexo II desta Tese.

A análise emergética foi realizada utilizando informação relativa ao ano 2010. Neste sistema em particular existem dois calendários em conflito: o calendário escolar (ano

letivo) e o calendário civil (ano civil). A formação de alunos obedece a um calendário (ano letivo) que não “encaixa” no ano civil, sendo este último a base sobre a qual a informação é obtida junto dos serviços da UA. Nesse sentido, procurou-se ajustar o fluxo de estudantes na universidade ao ano civil. Os Serviços Académicos da UA recolhem a informação respeitante ao dia 31 de dezembro de cada ano, em relação a três parâmetros: número de alunos com 1ª matrícula, número de alunos inscritos com outro número de matrículas, número de alunos diplomados. O número de alunos que frequentam, em média, o campus universitário calcula-se:

$$N^{\circ} \text{ médio de alunos} = 1^{\text{a}} \text{ matrícula} + \text{outras matrículas} - \text{diplomados} \quad \text{EQ. V - 1}$$

No Anexo II, está exemplificado o cálculo para o ano 2010 e que foi utilizado para realizar a análise emergética da UA.

Definidos os fluxos de entrada, foi efetuada uma pesquisa na bibliografia das transformidades respetivas. A informação recolhida obedece a critérios de qualidade da informação:

- O ano 2010 representa o “ano base” para a recolha da informação dos fluxos de entrada no sistema alvo de análise.
- Os valores de transformidade que demonstrem dependência em relação à janela temporal e/ou geográfica em que são calculados, devem aproximar-se o mais possível ao ano base da análise e/ou à área geográfica referentes à análise emergética em causa.
- Os valores de transformidade recolhidos na bibliografia devem ser referenciados, tal como o valor do orçamento emergético anual da geo/biosfera utilizado no seu cálculo.
- Os valores de Transformidade utilizados foram normalizados para um “orçamento” anual de energia relativo à geo/biosfera do planeta de $15,2E24$ sej (BROWN e ULGIATI, 2010). Ou seja, os valores de transformidade recolhidos na bibliografia e calculados com base noutro orçamento foram convertidos para esta base de cálculo - Tabela V - 1.
- A análise emergética é efetuada a um sistema específico (Campus Universitário de Santiago da Universidade de Aveiro), pelo que o tipo de incerteza “Cenário” não se coloca. As fontes de incerteza nesta análise emergética centram-se nos parâmetros “Transformidade”, pelo que, quando apropriado, as variâncias das transformidades relativas a cada fluxo foram calculadas (Figura V - 5).

TABELA V - 1. FATORES DE CONVERSÃO UTILIZADOS PARA NORMALIZAR AS TRANSFORMIDADES DE ACORDO COM O ORÇAMENTO DE EMERGIA DA GEO/BIOSFERA DE 15,E24 SEJ/ANO.

Transformidade na bibliografia (Tr_i)	Orçamento utilizado no cálculo de Tr_i	Transformidade normalizada
Tr_i	9,44E24 sej/ano(ODUM, 1996)	$Tr_i^* = Tr_i/0,61$
	9,26E24 sej/ano (CAMPBELL, 1999)	$Tr_i^* = Tr_i/0,62$
	15,83E24 sej/ano (ODUM <i>et al.</i> , 2000)	$Tr_i^* = Tr_i \times 0,96$

Identificaram-se valores de transformidade que não cumpriam um dos requisitos de qualidade definidos para esta análise:

- Transformidade dos fluxos de informação dos estudantes, professores e investigadores da UA.
- Transformidade dos custos (€) associados ao funcionamento da UA.
- Transformidade da eletricidade.

As transformidades acima referidas aparentam uma dependência da janela geográfica e temporal em que são calculados. Os valores encontrados na literatura (MEILLAUD *et al.*, 2005) relativos à contribuição energética de pessoas utilizam o método (descrito no capítulo III.3.9 deste trabalho) e os valores calculados por Odum (1996), e referem-se a cidadãos dos EUA em 1980. O cálculo das transformidades em causa está fortemente relacionado com o contexto económico e social do sistema no qual se efetua o cálculo (rácio entre o valor de energia total utilizado e a energia despendida por pessoas com certo grau de escolaridade, relativos a uma região específica - (Eq. V - 2), pelo que a utilização dos valores de transformidades calculados por Odum (1996) não parece adequada para esta análise.

$$Tr_i = \frac{\text{Total Energia Utilizada} \left[\frac{\text{sej}}{\text{ano}} \right]}{\text{número de pessoas}_i \times \text{taxa metabólica} \left[\frac{\text{J}}{\text{ano}} \right]} = \text{sej/J} \quad (\text{EQ. V - 2})$$

Por outro lado, o rácio energia/dinheiro (Eq.III - 2) que mede o poder de compra de uma economia e que serve para traduzir o valor monetário de um fluxo em energia, é também dependente do país alvo de análise e do período em que ocorre a avaliação.

$$\text{Rácio} \frac{\text{Energia}}{\text{Dinheiro}} = \frac{\text{Total Energia utilizada} \left[\frac{\text{sej}}{\text{ano}} \right]}{\text{Produto Interno Bruto} \left[\frac{\text{\$}}{\text{ano}} \right]} = \text{sej/\$} \quad (\text{EQ. V - 3})$$

Observando as duas equações, percebe-se que é comum a ambas a necessidade de encontrar o valor do fluxo de energia total da economia onde se insere a UA – Portugal. O trabalho realizado por Sweeney et al. (2007) resultou numa base de dados energética *online* (UNIVERSITY OF FLORIDA., 2009) que fornece informação sobre os fluxos de energia de 134 países, incluído Portugal. Sendo este um trabalho interessante de aglomeração e disponibilização de informação, utilizando um método de cálculo *standard*, apresenta algumas limitações na perspetiva deste trabalho. Por um lado, a informação refere-se ao ano 2000, estando já algo desfasado face ao ano base da nossa análise (2010). Por outro lado, algumas das transformidades utilizadas por Sweeney et al. (2007) não estão referenciadas, pelo que se torna difícil verificar a adequação dos valores encontrados. Deste modo, surge como necessária a realização de uma análise energética ao sistema “Portugal”, de forma a obter valores dos dois tipos de transformidade identificados como não cumpridores dos critérios na análise ao sistema “UA”. Este passo corresponde assim a uma iteração efetuada de acordo com o fluxograma apresentado no Capítulo IV e que pretende descrever o procedimento para a análise energética de sistemas (Figura V - 4).

Em relação ao valor do conversor energético a aplicar à utilização de energia elétrica está dependente dos combustíveis utilizados para a sua produção. Desse modo, considerou-se relevante utilizar um valor de transformidade que traduza de algum modo os processos de transformação de energia elétrica utilizados na economia portuguesa. Para tal, recorreu-se ao “Método Fórmula” para o cálculo do valor de transformidade, partindo do valor do fator de conversão de energia elétrica em toneladas equivalente de petróleo publicado no Despacho nº17313/2008, de 26 Junho ($2,15 \times 10^{-4}$ tep/kWh). O cálculo da transformidade da energia elétrica no contexto da economia portuguesa está descrito no Anexo II.

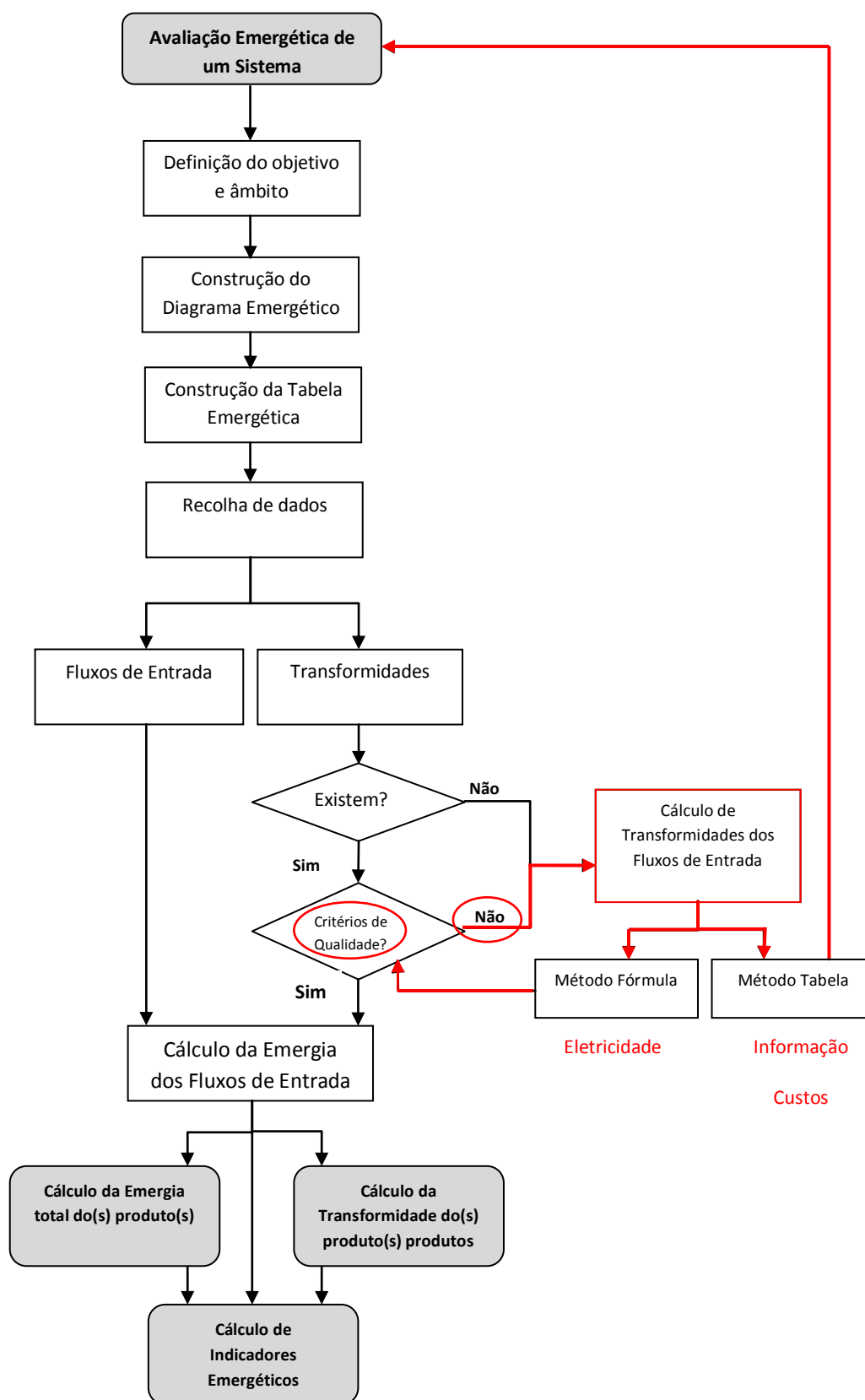


FIGURA V - 4. FLUXOGRAMA QUE CONDENSE O PROCEDIMENTO A ADOTAR NA ANÁLISE EMERGÉTICA DE SISTEMAS.

TABELA V - 2. PRINCIPAIS FLUXOS DE ENERGIA DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO NO ANO 2010

Número	Fluxo de Entrada		Transformidade		Coeficiente de sensibilidade*	Propagação da Incerteza*	Emergia (sej)	Emvalor (Em€)
	Nome	Valor	Valor	Variância				
Recursos Renováveis (R)								
1	Sol (J)	3,16E+15	1,00E+00	0,00E+00	9,64E+22	0,00E+00	3,16E+15	8,63E+02
Bens e Serviços (F e G)								
2	Gás Natural (J)	9,64E+12	1,05E+05	3,34E+09	1,23E+18	4,10E+27	1,01E+18	2,76E+05
3	Eletricidade (J)	3,08E+13	2,73E+05	5,68E+09	2,32E+19	1,32E+29	8,42E+18	2,30E+06
4	Água (J)	1,48E+12	3,79E+05	0,00E+00	2,11E+16	0,00E+00	5,60E+17	1,53E+05
5	Edifícios (m³)	4,76E+05	2,05E+15	0,00E+00	2,20E+03	0,00E+00	1,02E+19	2,79E+06
6	Bens (€)	1,14E+07	3,66E+12	6,92E+22	1,26E+06	8,74E+28	4,18E+19	1,14E+07
7	Serviços (€)	1,60E+07	3,66E+12	6,92E+22	2,48E+06	1,72E+29	5,85E+19	1,60E+07
8	Outras despesas (€)	6,12E+07	3,66E+12	6,92E+22	1,48E+06	1,02E+29	2,24E+20	6,17E+07
9	Funcionários (€)	9,93E+06	3,66E+12	6,92E+22	9,56E+05	6,61E+28	3,63E+19	9,93E+06
Informação (I)								
10	Estudantes (J)	1,20E+13	1,30E+08	6,61E+13	8,92E+17	5,90E+31	1,56E+21	4,27E+08
11	Professores Doutorado	6,38E+11	9,54E+09	3,55E+17	1,57E+15	5,56E+32	6,09E+21	1,67E+09
	Professores Licenciados (J)	3,32E+11	1,52E+08	1,19E+14	4,25E+14	5,06E+28	5,04E+19	1,38E+07
12	Investigadores (J)	1,11E+11	9,54E+09	3,55E+17	1,20E+14	4,27E+31	1,06E+21	2,91E+08
Fluxo de saída								
13	Formação de Estudantes (alunos)	12682	4,58E+17	4,43E+32			5,81E+21	1,59E+09
14	Publicações	3451	9,52E+17	1,47E+33			3,29E+21	8,99E+08
15	Serviços (€)	6,47E+06	1,25E+14	1,80E+24			8,10E+20	2,22E+08

*Os valores das colunas “coeficiente de sensibilidade” e “propagação da incerteza” referem-se ao cálculo da transformidade da Formação de Estudantes

V.1.1.4 ÁLGEBRA EMERGÉTICA E ALOCAÇÃO

Como fluxos de saída ou produtos do sistema considerou-se a formação de estudantes, a publicação de material científico e os serviços prestados. Estes produtos do sistema são contabilizados como independentes. Isto é, para cada produto do sistema foi alocado diferente montante de energia.

Os fluxos de entrada relativos aos recursos renováveis e aos bens e serviços (fluxos 1-7 e 9 da Tabela V - 2) consideraram-se comuns a todos os produtos do sistema. Esta consideração simplifica o processo de cálculo e foi tomada devido à dificuldade de desagregar a utilização dos edifícios e respetivo consumo de energia para cada produto do sistema. Por sua vez, os fluxos de informação foram desagregados de acordo com um conjunto de pressupostos explicados nas próximas linhas. A contribuição dos estudantes como fluxo de entrada foi considerada apenas para a produção de formação de estudantes. Os investigadores foram contabilizados apenas para a publicação de material científico. A contribuição do corpo docente foi distribuída da seguinte forma: 63 % da sua contribuição emergética foi contabilizada para a formação de estudantes, 30% para a produção de material científico 2% para a prestação de serviços. Mais informação sobre estes cálculos, e as referências bibliográficas nas quais se basearam estes pressupostos, é apresentada na descrição do fluxo de entrada 11 (Anexo II).

No que respeita à hipotética dupla contagem de energia nos fluxos de entrada no sistema, analisa-se a situação dos recursos consumidos na utilização das infraestruturas da UA (eletricidade, gás natural e água). Estes fluxos apresentam uma transação monetária associados ao seu consumo, pelo que é necessário avaliar a natureza da sua transformidade. A transformidade utilizada para converter o fluxo do recurso em fluxo emergético pode incluir os serviços necessários para fornecer o recurso à UA, ou, pelo contrário, a transformidade pode converter apenas o recurso, devendo os serviços a si associados ser avaliados pela transação monetária que envolve a compra do recurso. Neste ponto, os recursos diferenciam-se:

- Água: uma análise à referência bibliográfica que serviu de fonte ao valor de transformidade deste recurso revela que a transformidade inclui os serviços necessários para a extração, transformação e transporte do recurso. Assim, aos fluxos financeiros totais que entram no sistema deve extrair-se os valores relativos aos pagamentos de água e eletricidade por parte da UA.
- Gás Natural e eletricidade: as transformidades de ambos não têm em consideração os serviços necessários para a extração e transporte do gás natural, pelo que o valor da transação monetária deve ser incluído no sistema.

V.1.1.5 ANÁLISE DE INCERTEZA

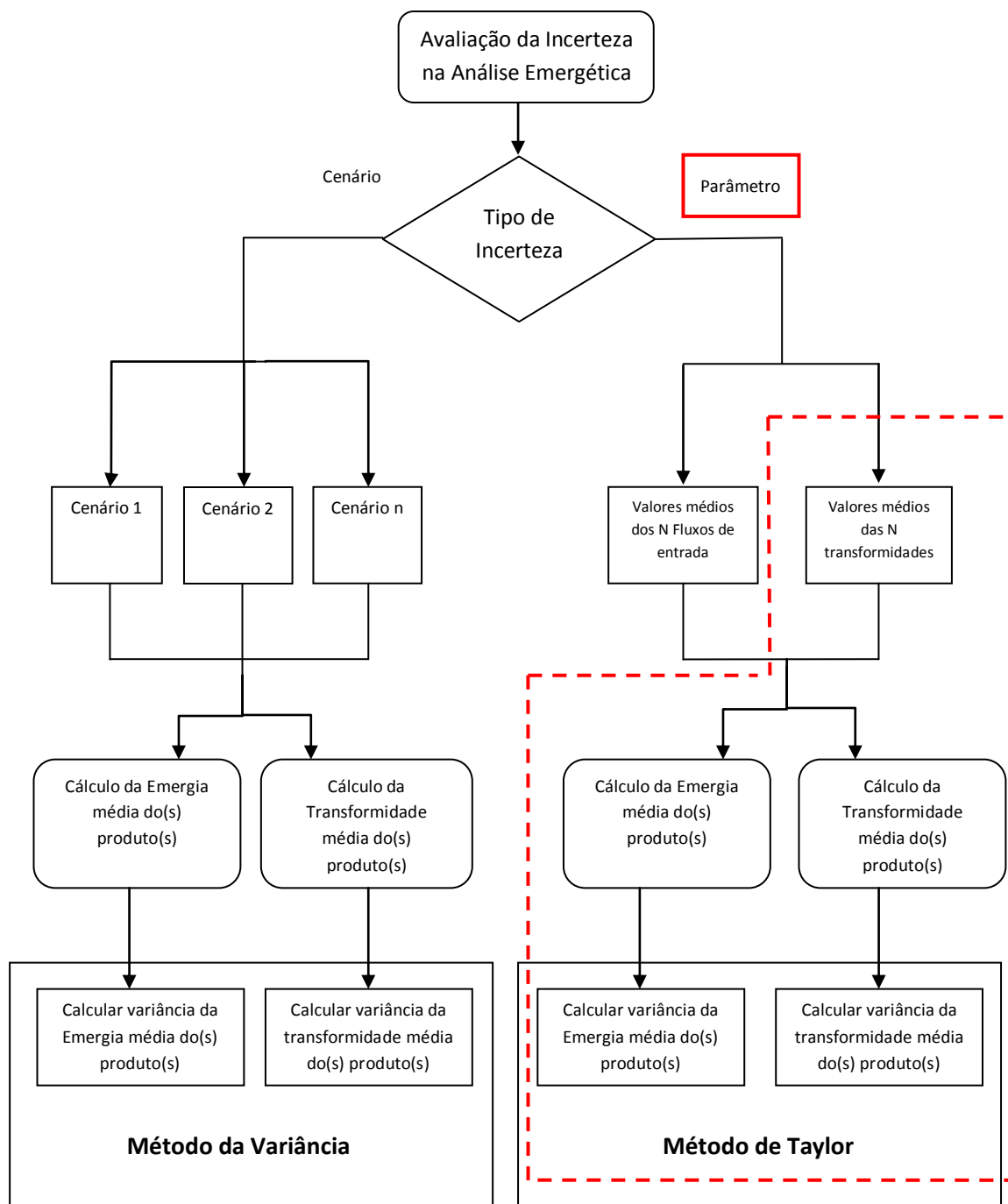


FIGURA V - 5. FLUXOGRAMA PARA A ADOÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO DA INCERTEZA EM FUNÇÃO DO TIPO DE INFORMAÇÃO DISPONÍVEL.

A existência de diferentes valores de transformidade na bibliografia para alguns fluxos de entrada introduz na avaliação emergética uma fonte de incerteza que deve ser contabilizada. Nestes casos, as transformidades estão listadas no Anexo II e são as suas médias e respetivas variâncias que se inserem na Tabela V - 2. Recorde-se que algumas transformidades encontradas na literatura não obedeciam aos critérios de qualidade da

informação definidos, pelo que se tiveram que calcular através de nova análise. A incerteza associada ao cálculo dessas transformidades foi contabilizada nesta análise. O cálculo da propagação da incerteza é efetuado recorrendo ao Método de Taylor, tal como descrito no Capítulo IV e na Figura V - 5.

Considerando a formação de estudantes como um fluxo de saída da Universidade de Aveiro, apresenta-se de seguida o cálculo da incerteza para a sua transformidade. A inexistência de valores médios para os fluxos de entrada e fluxo de saída no sistema permite simplificar a Eq. IV-6, obtendo assim:

$$u^2(Tr) = \left(\frac{E_1}{E}\right)^2 \times u^2(Tr_1) + \left(\frac{E_2}{E}\right)^2 \times u^2(Tr_2) + \dots + \left(\frac{E_n}{E}\right)^2 \times u^2(Tr_n) \quad \text{EQ. V - 4}$$

Correspondendo: E_1, E_2, \dots, E_n aos valores correspondentes aos n fluxos de entrada (neste caso, $n=12$) contabilizados na Tabela V - 2; E ao número de estudantes da UA; e Tr_1, Tr_2, \dots, Tr_n os valores das transformidades utilizadas. A coluna “Coeficiente de Sensibilidade” apresenta os valores de $(E_n/E)^2$ e que multiplicados pela variância da transformidade respetiva resulta nos valores da coluna “Propagação da Incerteza”. A incerteza associada ao cálculo da transformidade das publicações é então obtida pela soma dos valores da coluna “Propagação da Incerteza”:

$$u^2(\text{Aluno}) = 4,43E32 \left(\frac{\text{sej}}{\text{Aluno}}\right)^2 \quad \text{EQ. V - 5}$$

Traduzindo os resultados obtidos, é possível afirmar, de acordo com os pressupostos assumidos, que cada aluno da UA recebeu, em 2010, $4,58E+17 \pm 4,6\%$ sej. As transformidades das publicações produzidas e dos serviços prestados apresentam a mesma incerteza.

V.1.1.6 ÍNDICES DE AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

Como facilmente se percebe pela análise da Tabela V - 2, os fluxos de informação são os principais contribuidores para o orçamento emergético da Universidade de Aveiro. Os fluxos 10, 11 e 12 representam cerca de 96% da emergia utilizada na UA em 2010:

$$\text{Rácio} \frac{\text{Informação}}{\text{Fluxos totais}} = \frac{I}{R + F + G + I} = \frac{8,76E + 21}{9,14E + 21} = 0,96 \quad \text{EQ. V - 6}$$

A não contabilização dos fluxos de informação, permite observar o peso emergético relativo dos restantes fluxos de entrada na UA (Figura V - 6). Desse ponto de vista, os fluxos financeiros representam uma fração muito maior quando comparada com os recursos energéticos, água ou edifícios utilizados na UA.

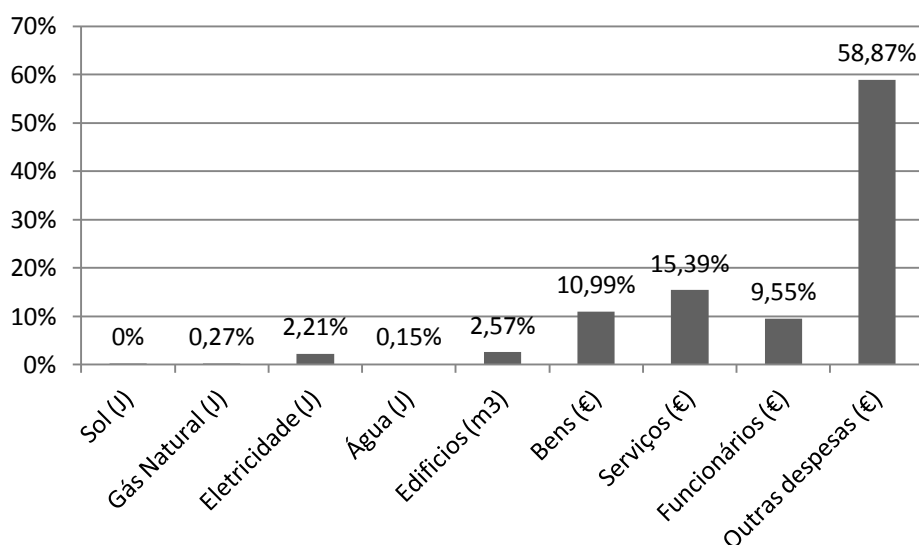


FIGURA V - 6. VALOR DA CONTRIBUIÇÃO DOS DIFERENTES FLUXOS DE EMERGIA, EXCLUINDO FLUXOS DE INFORMAÇÃO, NA UA.

À semelhança do que se faz, tipicamente, numa análise emergética à escala regional ou nacional, pode ser pertinente calcular-se a utilização total de emergia por área do campus universitário da Universidade de Aveiro (Eq. V - 7). O campus universitário apresenta um nível de intensidade emergética muito superior ao valor nacional ($6,70E+12$ sej/m², Tabela AIII - 2). Isto acontece porque a informação, considerada um recurso de elevada qualidade na teoria emergética, é o principal recurso utilizado no campus universitário. Pode também calcular-se a intensidade emergética *per capita* (Eq. V - 8). O número de pessoas que fazem parte do sistema campus universitário engloba os alunos, professores, funcionários e investigadores (12839 pessoas).

$$\text{Emergia por área} = \frac{9,14E21 \text{ sej}}{515000 \text{ m}^2} = 1,77E + 16 \text{ sej/m}^2 \quad \text{EQ. V - 7}$$

$$\text{Emergia por pessoa} = \frac{9,14E21 \text{ sej}}{12839 \text{ pessoas}} = 7,11E + 17 \text{ sej/pessoa} \quad \text{EQ. V - 8}$$

Esta intensidade aproxima-se mais do valor calculado para a economia portuguesa ($6,19E+16$ sej/pessoa), basicamente porque o campus universitário tem uma maior taxa de ocupação em relação ao país.

Em relação às infraestruturas da UA, nomeadamente os seus edifícios, pode-se distinguir entre o valor emergético da sua utilização (fluxos 2 e 3) e o orçamento emergético anualizado respeitante à construção dos edifícios (fluxo 5). Em relação aos fluxos dos dois vetores energéticos utilizados nos edifícios da UA, importa referir que a transformidade utilizada para a conversão em fluxo emergético do gás natural e da eletricidade não

contemplam os serviços utilizados para a sua extração e transporte. Assim, esses serviços são contabilizados, do ponto de vista energético, através do custo que o recurso tem para a organização. De acordo com a informação recolhida junto dos serviços da UA, a organização gastou 177.645 € em gás natural e 700.926€ em eletricidade no ano 2010. Estes valores monetários são transformados em energia multiplicando o mesmo pelo rácio energia/dinheiro (3,66+E12 sej/€) calculado para a economia portuguesa no Anexo II. O Rácio utilização/construção dos edifícios resulta:

$$\text{Energia Serviços Energeticos} = (177645\text{€} + 700926\text{€}) \times 3,66E12 \frac{\text{sej}}{\text{€}} = 3,21E18 \text{ SEJ}$$

$$\text{Rácio} \frac{\text{Utilização dos edifícios}}{\text{Construção dos Edifícios}} = \frac{\text{Energia}_{\text{Elet}} + \text{Energia}_{\text{GN}} + \text{Energia}_{\text{SE}}}{\text{Energia Edifício}} \quad \text{EQ. V - 9}$$

$$\text{Rácio} \frac{\text{Utilizaco dos edifícios}}{\text{Construcao dos Edifícios}} = \frac{8,42E18 + +1,03E18 + 3,21E18}{9,79E18} = 1,20$$

O valor do rácio permite perceber a importância da fase de construção na avaliação global dos recursos utilizados no setor da construção. Este rácio indica que ao fim de aproximadamente 39 anos (tempo de vida dos edifícios de 50 anos, utilizado para calcular o orçamento anualizado relativo à construção do edifício) e assumindo um fluxo de energia relativo à utilização do edifício constante e igual ao valor calculado para 2010, a energia despendida na sua utilização iguala o orçamento energético da sua construção. Pulselli et al. (2007) analisaram um edifício contemporâneo e com características de construção consideradas típicas nos países do sul da Europa. Nessa análise, a energia gasta com a utilização corresponde a 32% do orçamento energético anualizado da construção do edifício (considerando também 50 anos de tempo de vida). Esta diferença tem duas razões: por um lado, explica-se pela diferente tipologia dos edifícios analisados e consequente diferente utilização de recursos energéticos durante o seu período de utilização (no trabalho de Pulselli et al. o edifício analisado era residencial; neste trabalho é analisado um campus universitário composto por uma mistura de edifícios administrativos, escolares (com salas de aula e laboratórios), desportivos, residenciais, cantinas e bibliotecas); por outro lado, Pulselli et al. não tiveram em consideração os serviços energéticos no seu cálculo.

Para avaliar o desempenho energético dos edifícios no futuro, nomeadamente com a construção de novas infraestruturas, este indicador não é apropriado (se, por exemplo, os fluxos de energia na utilização e na construção duplicarem o seu valor, o rácio mantém-se igual mas o fluxo total de energia aumenta consideravelmente). Nesse sentido, opta-se por utilizar o fluxo total anual de energia nos edifícios normalizado pela área de construção:

$$Emergia \text{ nos Edifícios} = \frac{Emergia_{utilização} + Emergia_{construção}}{Área \text{ de Construção}} \quad \text{EQ. V - 10}$$

Ao utilizar o indicador da Eq. V - 10, a construção de edifícios emergeticamente mais eficiente é contabilizada, seja através da menor utilização de emergia na sua utilização ou na construção.

Em relação aos fluxos de saída do sistema em análise, e porque se consideraram os fluxos de saída como independentes em relação aos fluxos de informação, é possível calcular a percentagem de utilização dos recursos totais utilizados para cada fluxo de saída.

$$\% \text{ utilização dos recursos do produto } i = \frac{\text{Fluxo de saída } i}{\text{Total de Fluxos de entrada}} \quad \text{EQ. V - 11}$$

TABELA V - 3. FRAÇÃO DOS FLUXOS TOTAIS DE EMERGIA DA UA UTILIZADOS PARA CADA PRODUTO DO SISTEMA.

Fluxo de saída	Percentagem
Formação de Estudantes	63,6%
Publicações	36%
Serviços prestados	8,8%

Em relação à formação de estudantes, pode-se avaliar o investimento emergético que a universidade efetua por cada *sej* com que o aluno contribui no seu ensino. A Eq. V - 12 apresenta a relação entre o investimento emergético da universidade na educação do aluno e o investimento do aluno. Este último deve incluir a emergia relacionada com a informação que aluno possui e a propina que o mesmo paga (ainda que o contributo emergético das propinas seja muito menor em relação à informação). Pode-se afirmar que o aluno recebeu, em 2010, três vezes mais emergia da universidade do que aquela que o mesmo investiu na sua própria educação.

$$\text{Relação Investimento} = \frac{\text{Investimento universidade}}{\text{Investimento aluno}} \quad \text{EQ. V - 12}$$

$$\text{Relação Investimento} = \frac{9,14E21 \text{ sej} - 1,25E21 \text{ sej} - 4,59E19 \text{ sej}}{1,25E21 \text{ sej} + 4,59E19} = 5,8$$

No processo de ensino, em termos emergéticos, o professor contribui 4,48 vezes com mais emergia do que os alunos. Para perceber o valor real da informação que os professores introduzem na universidade pode ser calculado o rácio do benefício emergético da universidade (Eq. V - 13 e Eq. V - 14). Do ponto de vista emergético, é muito mais vantajoso para a UA contratar professores doutorados, uma vez que recebe 45 vezes mais emergia do que aquela dá em troca sob a forma de dinheiro.

$$\text{Benefício Emergético} = \frac{\text{Emergia dos Professores Doutorados}}{\text{Salários} \times \text{Rácio emergia/dinheiro}} \quad \text{EQ. V - 13}$$

$$\text{Benefício Emergético} = \frac{6,09E21 \text{ sej}}{3,65E07 \text{ €} \times 3,66E12 \text{ sej/€}} = 45,6$$

$$\text{Benefício Emergético} = \frac{\text{Emergia dos Professores Não Doutorados}}{\text{Salários} \times \text{Rácio emergia/dinheiro}} \quad \text{EQ. V - 14}$$

$$\text{Benefício Emergético} = \frac{5,04E19 \text{ sej}}{7,05E06 \text{ €} \times 3,66E12 \text{ sej/€}} = 1,95$$

A troca de recursos emergéticos entre a universidade e a sociedade, sob a forma de alunos diplomados, pode ser avaliada, anualmente, recorrendo à Eq. V - 15. Para a contabilização de diplomados, contabilizou-se apenas os diplomas de Mestrado 2º ciclo, mestrados integrados, doutoramentos e outros graus sem ciclo. De acordo com a “taxa de contribuição emergética”, a UA recebeu, em 2010, 56% da emergia que devolveu à sociedade sob a forma de alunos diplomados. Do ponto de vista do contributo do Estado, este forneceu, diretamente, 26% da emergia que a universidade retribuiu na forma de diplomados.

$$\text{Taxa de contribuição emergética} = \frac{\text{Recursos importados à economia}}{\text{alunos diplomados}} \quad \text{EQ. V - 15}$$

$$\begin{aligned} \text{Taxa de contribuição emergética} &= \frac{F + G}{Tr_{\text{Alunos}} \times \text{diplomados}} = \\ &= \frac{3,80E20}{4,58E17 \times 1475} = 0,56 \end{aligned}$$

$$\text{Taxa de contribuição emergética do Estado} = \frac{\text{Financiamento do OE}}{\text{alunos diplomados}} \quad \text{EQ. V - 16}$$

$$\text{Taxa de contribuição emergética do Estado} = \frac{4,88E7 \times 3,66E12}{4,58E17 \times 1475} = 0,26$$

Aplicando a Eq. V - 12, Em relação aos serviços prestados pela Universidade, é possível avaliar o seu real valor dividindo a sua transformidade pelo rácio emergia/dinheiro da economia portuguesa - Eq. V - 17.

$$\text{Valor serviços prestados} = \frac{\text{Transformidade dos serviços prestados}}{\text{Rácio Emergia/Dinheiro}} \quad \text{EQ. V - 17}$$

V.1.2 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA E MAPA ESTRATÉGICO

Tal como descrito no Capítulo IV, a metodologia utilizada para definir a estratégia para a implementação da Política para a Sustentabilidade assenta em quatro passos: identificação das partes interessadas; análise SWOT; identificar as questões estratégicas; desenvolver a estratégia.

A análise emergética realizada ao sistema “Universidade de Aveiro” auxilia na identificação das partes interessadas na atividade da organização (Figura V - 7). Resultou da análise emergética a identificação de três principais tipos de recursos: informação, infraestruturas e orçamento financeiro.

A informação surge como o principal componente do orçamento emergético da Universidade de Aveiro, nomeadamente sobre a forma de informação previamente disponível nos alunos e no conhecimento que os mesmos adquirem da sua interação com os professores (Estudantes e Funcionários). Por outro lado, a universidade deve ter a preocupação de formar graduados de acordo com as necessidades do meio económico no qual se insere (Mercado de Trabalho). Do ponto de vista financeiro, o orçamento da universidade é composto por fundos próprios mas também públicos, provenientes do orçamento de estado português (Estado). A construção, manutenção e utilização das infraestruturas implicam o consumo de recursos (materiais e energéticos) disponibilizados por fornecedores. Finalmente, a universidade deve ter em atenção as necessidades atuais da sociedade mas também deve preocupar-se em contribuir para assegurar um futuro auspicioso às gerações vindouras, nomeadamente através da disseminação do conceito “desenvolvimento sustentável” nas suas atividades.

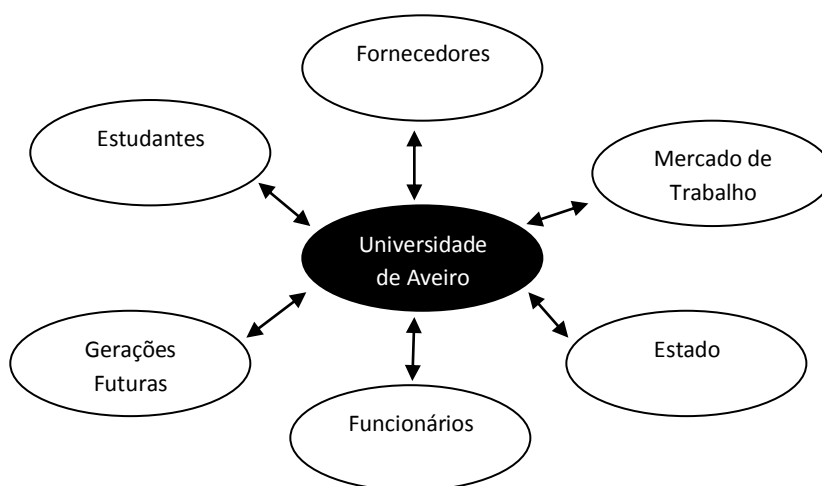


FIGURA V - 7. ILUSTRAÇÃO DAS PARTES INTERESSADAS NA ATIVIDADE DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO

Ao adotar a metodologia SWOT, deve-se procurar responder a quatro questões fundamentais:

1. Quais são as forças da organização?
2. Quais são as fraquezas da organização?
3. Que oportunidades existem para auxiliar o cumprimento da política da organização?
4. Que ameaças ao cumprimento da sua política pode a organização enfrentar?

TABELA V - 4. ANÁLISE SWOT À IMPLEMENTAÇÃO DE UMA POLÍTICA PARA A SUSTENTABILIDADE NA UA.

Forças	Fraquezas
Forte relação com a região. Modernidade das infraestruturas. Sistema de monitorização de consumo de energia e água. Sistema solar térmico e fotovoltaico instalado no Campus. Boa reputação da UA.	Inexistência da vertente ambiental na gestão da organização. Não há um instrumento de reporte em relação a questões ambientais.
Oportunidades	Ameaças
Participação no projeto <i>Sustainable Campus Initiative</i> do consórcio ECIU. Concurso a fundos europeus.	Cortes no orçamento de estado. Degradação das condições económicas e sociais de Portugal.

Identificadas as partes interessadas e analisando o resultado da análise SWOT é possível identificar um conjunto de desafios estratégicos que a organização vai ter de superar para implementar a sua política para a sustentabilidade. Esses desafios podem ser classificados como prioridades estratégicas que a organização vai abordar na implementação da sua Política para a Sustentabilidade em relação a cada perspetiva.

TABELA V - 5. PRIORIDADES ESTRATÉGICAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA POLÍTICA PARA A SUSTENTABILIDADE NA UA.

Perspetiva Sustentabilidade	Perspetiva Partes Interessadas
Tornar o conceito “sustentabilidade” central na atividade da organização.	Atrair estudantes e adequar formação dos alunos às necessidades do mercado de trabalho.
Perspetiva Interna	Perspetiva Conhecimento e Competência
Otimizar a utilização dos recursos de que a organização dispõe.	Maximizar os recursos humanos disponíveis e o seu conhecimento na prossecução da Política para a Sustentabilidade.

A construção do Mapa Estratégico tem um relevo importante na metodologia proposta, uma vez que, como representado na Figura IV - 2, este documento funciona como uma ponte entre a gestão estratégica e a gestão operacional da organização. Segundo Niven (2003), o Mapa Estratégico deve ser capaz de descrever o modo como a organização

funciona e de destacar os fatores críticos para o sucesso da organização em relação à Política que se pretende implementar.

A ligação é efetuada através da definição de objetivos de desempenho para cada perspetiva adotada. Estes objetivos traduzem as prioridades estratégicas (que são declarações mais ou menos vagas) em declarações direcionadas e orientadas para a ação, no sentido de expressar o que deve ser feito para executar a estratégia. Numa fase posterior, os objetivos de desempenho são decompostos em vários indicadores de desempenho.

O Mapa Estratégico desenvolvido no âmbito deste trabalho para a implementação da Política para a Sustentabilidade da Universidade de Aveiro encontra-se descrito na Figura V - 8.

V.1.3 DEFINIÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO

Definidos os objetivos de desempenho que se pretendem avaliar, o passo seguinte consiste na definição de indicadores de desempenho apropriados para o efeito. Ao adotar a metodologia BSC e, conseqüentemente, um Mapa Estratégico, é conveniente assumir que devem ser utilizados o número necessário de indicadores para descrever a estratégia assumida na organização. No entanto, de acordo com Niven (2003), pode-se assumir uma regra empírica para a definição do número ideal de indicadores de desempenho: para cada objetivo deve existir 1,5 indicadores, ou seja, 10 objetivos seriam avaliados por 15 indicadores.

Tal como explicado na secção IV.2.4, para a definição de indicadores de desempenho utilizam-se 3 tipos de indicadores: indicadores de entrada, indicadores de saída, e indicadores de resultado. Pode-se afirmar que os indicadores de resultado são compostos por indicadores de entrada e/ou de saída, pelo que para a construção dos primeiros é necessária a coleção dos últimos. A Tabela V - 6 apresenta os indicadores de entrada, de saída e de resultado. Os indicadores de desempenho utilizados para avaliar o objetivo “Melhorar o desempenho emergético” resultam da análise emergética realizada e apresentada na secção V.1.1.

Para o Sistema de Gestão da Sustentabilidade da Universidade de Aveiro utilizaram-se os indicadores de desempenho que se encontram na Tabela V - 7. O Anexo V apresenta o “Catálogo de Indicadores” de desempenho selecionados, contendo informação sobre a informação que caracteriza cada indicador de desempenho, e a justificação da sua escolha.

TABELA V - 6. CONJUNTO DE INDICADORES UTILIZADOS PARA AVALIAR O DESEMPENHO DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO

Indicadores de Entrada	Indicadores de Saída	Indicadores de Resultado
Número de Alunos 1ª matrícula		Taxa de ocupação de vagas
Vagas disponíveis		
Número de cursos	Número de cursos envolvidos	Fração de cursos envolvidos
	Número de publicações	
	Número de diplomados	Taxa de empregabilidade dos graduados
	Número de diplomados	Eficiência na produção de graduados
	Número de matrículas dos diplomados	
Número Total de utilizadores do Campus	Resíduos gerados	% de Resíduos separados
	Orçamento Total	Fração do orçamento proveniente do estado
Área bruta construída	Consumo de Eletricidade	Consumo de eletricidade por área construída.
	Consumo de Gás Natural	Consumo de gás natural por área construída
	Consumo de Água nos edifícios	Consumo de água por área construída
	Consumo de Água para rega	Consumo de água por área de rega

FIGURA V - 8. MAPA ESTRATÉGICO DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA POLÍTICA PARA A SUSTENTABILIDADE

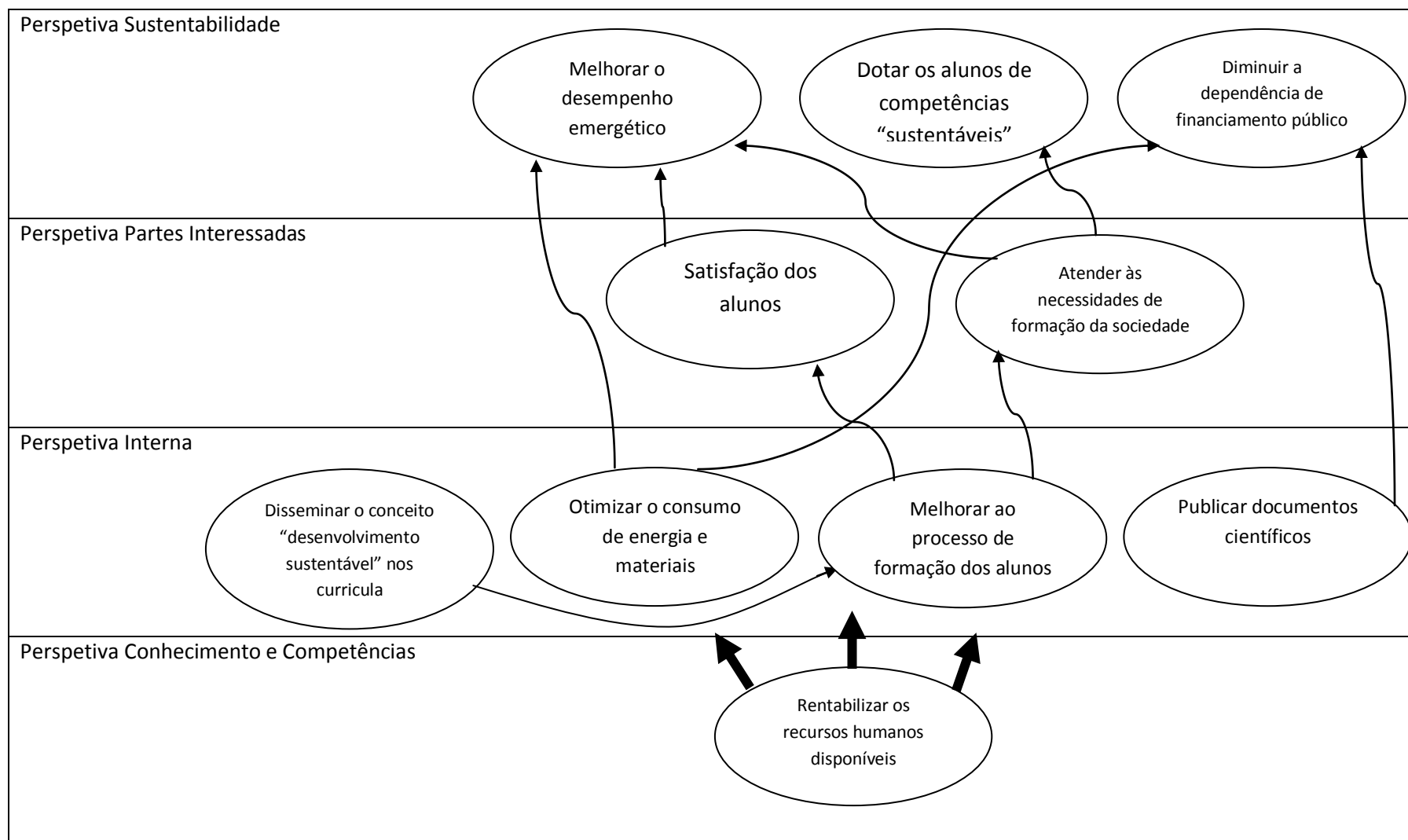


TABELA V - 7. RESUMO DOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS, INDICADORES DE DESEMPENHO E RESPETIVOS VALORES NO ANO 2010.

Perspetiva	Objetivo de Desempenho	Nome do Indicador	Nº do Indicador	Valor ano base
Sustentabilidade	Dotar os alunos de competências para enfrentar desafios do mundo global.	Nível das competências adquiridas	S01	nd
	Melhorar o desempenho emergético	Energia nos Edifícios	S02	1,27E+14 sej/m ²
		Taxa de contribuição emergética	S03	25%
		Relação emergética no ensino	S04	4,48
	Diminuir a dependência do financiamento público	Fração do orçamento proveniente do orçamento de estado	S05	49%
Partes Interessadas	Satisfação dos Alunos	Taxa de ocupação das vagas	PI06	nd
	Atender às necessidades da educação da sociedade	Taxa de desemprego dos graduados	PI07	6,7%
Interna	Disseminar o conceito de desenvolvimento sustentável nos curricula	Número de cursos envolvidos	PI09	nd
	Otimizar o consumo de energia e materiais	Consumo de eletricidade por área construída.	I10	188 MJ/m ²
		Consumo de gás natural por área construída	I11	64 MJ/m ²
		Consumo de água por área construída	I12	nd
		Consumo de água por área de rega	I13	nd
		Resíduos gerados por pessoa	I14	nd
	Melhorar processo de formação dos alunos	Eficiência na “produção de alunos”	I15	nd
	Publicar documentos científicos	Número de publicações	I16	3451
Conhecimento e Competência	Rentabilizar os recursos humanos disponíveis	Número de alunos diretamente envolvidos.	CP17	nd
		Nível de envolvimento dos colaboradores da organização	CP18	nd

Como realçado no ponto IV.1.2.4, a definição de metas de desempenho deve basear-se num conjunto de informação que torne as metas realistas mas ao mesmo tempo desafiantes. Destacaram-se três diferentes metodologias para a definição das mesmas:

- Análise de tendência
- *Benchmarks*
- Opinião das Partes Interessadas

Ainda que não seja objetivo deste trabalho a definição de metas para os indicadores de desempenho desenvolvidos, propõe-se que a definição de metas através da análise aos registos históricos (sempre que possível, isto é, desde que existam) relativos aos indicadores de desempenho selecionados. Estão nesta situação apenas os seguintes indicadores de desempenho: Fração do orçamento proveniente do orçamento de estado; Consumo de eletricidade por área construída; Consumo de gás natural por área construída; Consumo de água total; Número de publicações; Taxa de empregabilidade. Para os primeiros há valores históricos de 5 anos (2006-2010), para o número de publicações e taxa de empregabilidade existem dados para 3 anos (2008-2010).

Nos últimos anos tem-se notado a diminuição no consumo de gás natural nos edifícios da UA, e um aumento no consumo de eletricidade. Isso traduz-se na inexistência de uma tendência clara na utilização total de energia nos edifícios da UA nos últimos 5 anos (Figura V - 9). A análise aos dados históricos sobre as receitas da UA demonstra que o peso da contribuição do Estado no seu orçamento tem vindo a diminuir enquanto simultaneamente as receitas totais têm aumentado. O número de publicações e a taxa de desemprego apresentam uma tendência positiva entre 2008 e 2010.

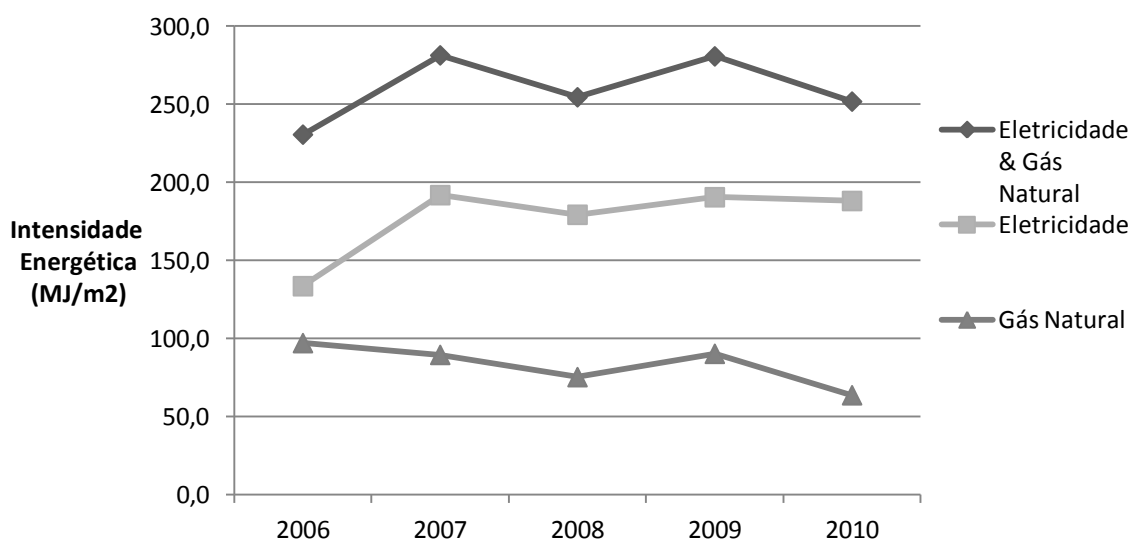


FIGURA V - 9. CONSUMO DE RECURSOS ENERGÉTICOS NA UA (2006-2010)

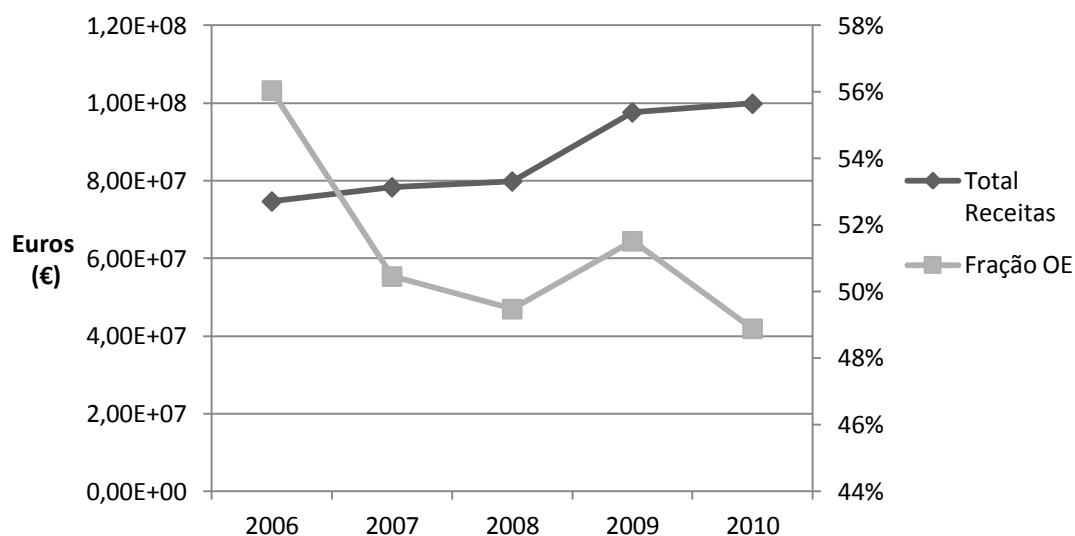


FIGURA V - 10. ORÇAMENTO TOTAL DA UA E FRAÇÃO PROVENIENTE DO ORÇAMENTO DE ESTADO (2006-2010)

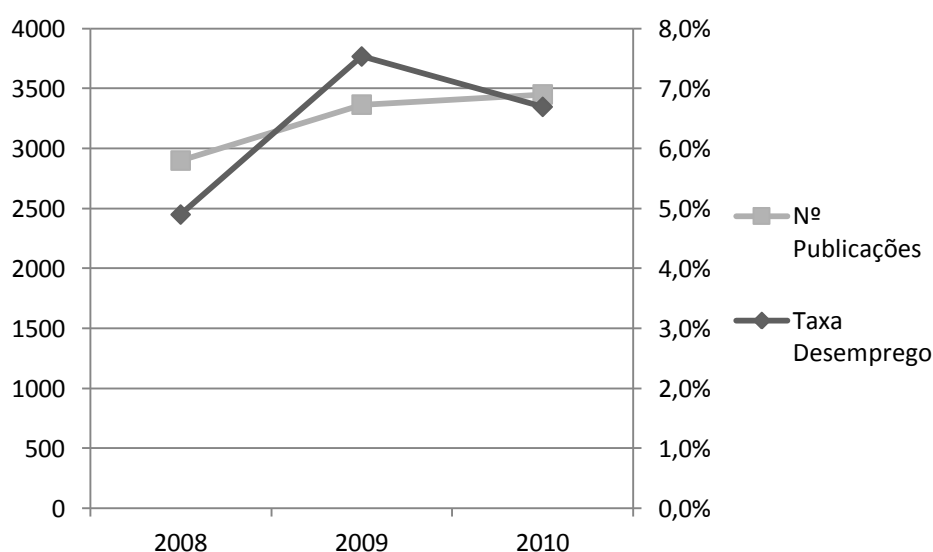


FIGURA V - 11. TAXA DE DESEMPREGO DOS DIPLOMADOS NA UA E NÚMERO DE PUBLICAÇÕES (2008-2010).

Por outro lado, pode ser interessante analisar o “histórico emergético” da UA. O fluxo de energia relativo aos edifícios da UA permaneceu mais ou menos constante entre 2006 e 2010 (Figura V - 12). Relembre-se que o indicador “Energia nos edifícios” engloba a energia consumida na utilização e na construção dos edifícios. Entre 2006 e 2010, não foram construídos novos edifícios, pelo que a contribuição emergética proveniente da construção de edifícios se mantém constante nesse período. Desse modo, o perfil da curva da energia nos edifícios é muito semelhante ao gráfico referente ao consumo de

energia nos edifícios. Depois de 2010, este indicador pode variar através da alteração no consumo de energia na utilização dos edifícios já construídos ou, no caso de edifícios por construir, através do aumento da eficiência energética na construção de edifícios (menor valor de transformidade (sej/m^3) em relação ao valor médio considerado nos edifícios já construídos) e/ou na sua utilização.

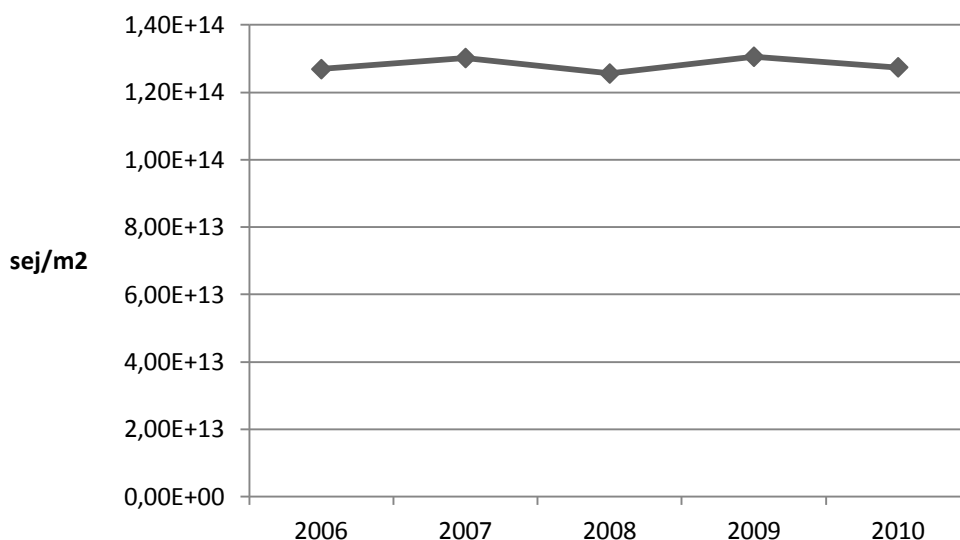


FIGURA V - 12. ENERGIA NOS EDIFÍCIOS (2006-2010)

A Figura V - 13 apresenta a evolução dos recursos “importados” pela UA à economia em que se insere e a contribuição do estado através do financiamento do orçamento de estado, em relação à “produção” de diplomados da UA. A partir de 2007 (ano de implementação de Bolonha), considerou-se que a produção de diplomados engloba apenas os diplomas dos mestrados de 2º ciclo, mestrados integrados, doutoramentos e outros graus sem ciclo. Isto é, pressupõe-se que os alunos não abandonam a UA com uma licenciatura de 1º ciclo. Analisando a Figura V - 13, e utilizando o pressuposto atrás mencionado, verifica-se um “efeito Bolonha” em 2007, com uma alteração na tendência da curva. Em 2007, registou-se um pico de diplomados (consequência da transição de planos curriculares e equivalências) e consequentemente o valor mais baixo da taxa de contribuição da economia e do estado (menor utilização de recursos externos por diplomado “produzido”). Após 2007, a produção de diplomados apresenta-se sempre mais baixa em relação ao valor pré-bolonha (2006). Analisando as curvas da contribuição energética da economia e do estado português na atividade da UA, consegue visualizar-se um afastamento progressivo entre os perfis das curvas. Este facto explica-se pelo aumento das despesas da UA e simultânea redução da contribuição financeira do estado na mesma, visível na Figura V - 10.

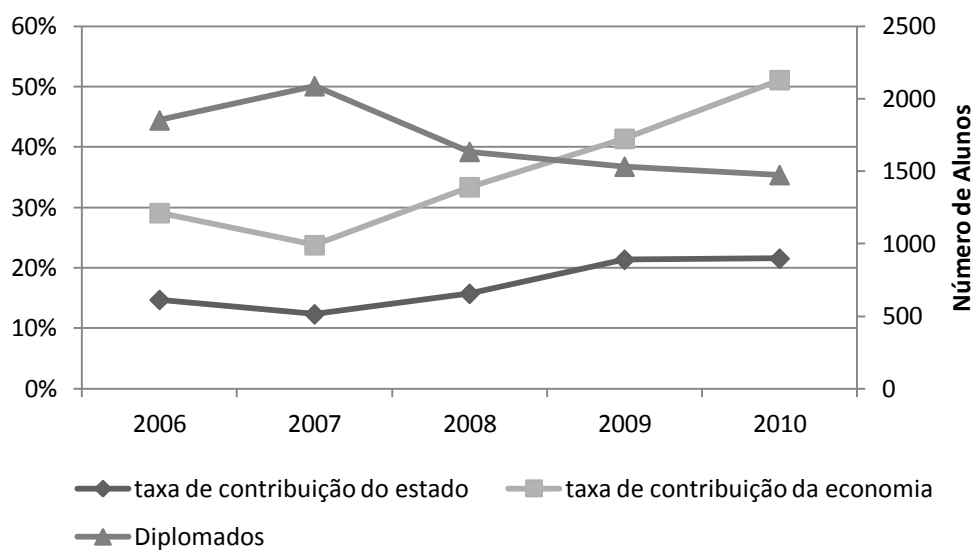


FIGURA V - 13. TAXA DE CONTRIBUIÇÃO EMERGÉTICA DO ESTADO E DA ECONOMIA NA UA (2006-2010).

O corte na contribuição do financiamento público na UA tem tido como consequência a diminuição do corpo docente e, como revela a Figura V - 14, o peso da informação disponibilizada pelos professores face à informação que os alunos trazem dos ciclos educativos anteriores tem vindo a diminuir ao longo dos últimos anos.

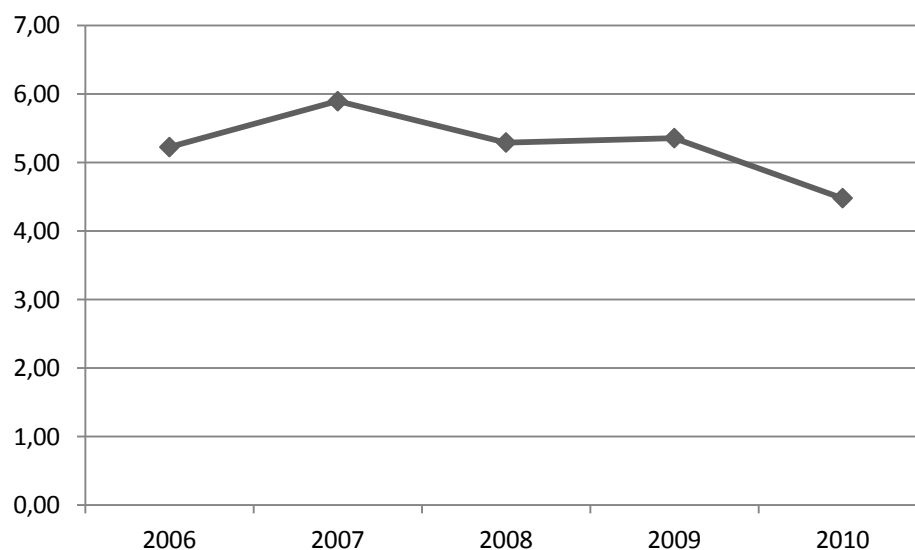


FIGURA V - 14. RELAÇÃO EMERGÉTICA ENTRE DOCENTES E ALUNOS NA UA (2006-2010)

V.2 SÍNTESE DO CAPÍTULO

A Universidade de Aveiro serviu, neste capítulo, como caso de estudo para a aplicação da fase de planeamento do modelo para implementação de um sistema de gestão da sustentabilidade (SGS) de organizações apresentado no capítulo IV. A fase de planeamento do SGS está, no entanto, dependente da definição da Política para a Sustentabilidade, razão pela qual uma proposta desta foi apresentada no Anexo I desta Tese.

Tal como apresentado no Capítulo IV, a análise emergética à organização alvo da implementação do SGS deve ser a primeira etapa da fase de planeamento. Nesse sentido, apresentou-se na secção V.2.1 a análise emergética realizada à Universidade de Aveiro, para o ano 2010. A análise baseou-se no procedimento apresentado no capítulo anterior, e que pretende uniformizar o formato de apresentação e requisitos para os cálculos da análise.

A recolha de informação necessária para a análise emergética redundou na necessidade de calcular valores de transformidade de três tipos de fluxos de entrada no sistema Universidade de Aveiro, uma vez que estes não cumpriam com os critérios de qualidade da informação definidos no âmbito da análise. A conversão de fluxos monetários, de informação e de energia elétrica para fluxos de energia é sensível à janela temporal e geográfica, pelo que os valores de transformidade encontrados na bibliografia para estes tipos de fluxos não se adequavam à economia portuguesa no ano 2010. Assim, e porque o cálculo de ambas as transformidades depende da estimativa do fluxo total da economia para a qual se pretendem calcular, realizou-se uma análise emergética para a economia portuguesa para o ano 2007 (ano mais recente para o qual foi possível agregar a informação necessária). Em relação ao valor do conversor emergético a aplicar à utilização de energia elétrica está dependente dos combustíveis utilizados para a sua produção. Desse modo, considerou-se relevante utilizar um valor de transformidade que traduza de algum modo os processos de transformação de energia elétrica utilizados na economia portuguesa. Para tal, recorreu-se ao “Método Fórmula” para o cálculo do valor de transformidade, partindo do valor do fator de conversão de energia elétrica em toneladas equivalente de petróleo publicado no Despacho nº17313/2008, de 26 Junho ($2,15 \times 10^{-4}$ tep/kWh). O cálculo da transformidade da energia elétrica no contexto da economia portuguesa está descrito no Anexo II.

O procedimento desenvolvido para a análise emergética inclui também a análise de incerteza associada aos seus cálculos. A análise de incerteza para ambas as análises emergéticas realizadas (UA e Portugal) incidiu apenas sobre a utilização de valores médios de transformidade, consequência dos diferentes valores encontrados na literatura para o mesmo parâmetro. A incerteza associada aos cálculos das transformidades do dinheiro e

informação da economia portuguesa entraram depois nos cálculos da análise emergética à Universidade de Aveiro. A avaliação da incerteza na economia portuguesa resultou em valores de transformidade dos fluxos de informação e de dinheiro de 7%. Os produtos da atividade da UA apresentam incerteza de 5%.

A análise emergética à Universidade de Aveiro permitiu caracterizar e avaliar os fluxos de recursos que a “alimentam” sob uma só unidade, atribuindo deste modo graus de importância aos diferentes recursos utilizados. A informação representa 96% do total de recursos utilizados na UA, quando avaliados sob o ponto de vista emergético. Não se pode considerar este resultado como surpreendente, uma vez que a universidade é vista empiricamente como um equipamento de processamento de informação. Além disso, a análise emergética realizada por Meillaud et al. (2005) a um edifício universitário apresenta um rácio semelhante (cerca de 95%). Descontando a informação, os fluxos financeiros representam a maior fatia do orçamento emergético da UA, grande parte dos quais serve para sustentar os serviços prestados pelo corpo docente da UA. Ainda sem considerar a informação, a energia utilizada na construção e utilização das infraestruturas da UA representa apenas cerca de 2,5% dos fluxos anuais de energia na universidade. Em relação aos produtos ou fluxos de saída da UA, foram considerados três tipos de produtos: alunos diplomados; publicações científicas; serviços prestados. Neste trabalho, do ponto de vista da alocação de recursos e da álgebra emergética, consideraram-se estes produtos como independentes. Os fluxos de informação foram desagregados, partindo de um conjunto de pressupostos, pelos três diferentes produtos, resultando assim numa utilização diferente dos recursos emergéticos totais (62% utilizados na formação de alunos, 36% para a produção de publicações científicas e 3,7% na prestação de serviços).

O segundo passo da fase de planeamento representa a definição da estratégia para implementar a Política para a Sustentabilidade. O ato de delinear a estratégia beneficia da análise emergética realizada num ponto anterior, no sentido em que esta última permite destacar a importância relativa de cada um dos recursos e das partes interessadas na atividade da universidade, facilitando assim a definição de prioridades e objetivos estratégicos. Estes últimos são dispostos num mapa estratégico, espalhados pelas quatro perspetivas alvo de avaliação, permitindo estabelecer relações entre eles e com os objetivos que estão no topo da hierarquia, relacionados com o conceito de sustentabilidade.

Por sua vez, os objetivos são avaliados utilizando indicadores de desempenho. A perspetiva “Sustentabilidade” do mapa estratégico engloba o objetivo “Melhorar o desempenho emergético” da organização, razão pela qual se utilizam indicadores emergéticos para a sua avaliação. Utilizaram-se para o efeito três indicadores emergéticos: um deles mais direcionado para a avaliação da interação ambiente-

economia através da relação entre os recursos energéticos consumidos na utilização dos edifícios e os recursos utilizados para a sua construção; um outro que pretende relacionar a relação entre os recursos energéticos que a universidade vai buscar à economia com a sua retribuição contabilizada em termos de diplomados “produzidos”; um terceiro indicador pretende medir a relação emergética entre o corpo docente e discente da universidade. A fase de planeamento ficaria completa apenas com a definição de metas e iniciativas que, potencialmente, permitam alcançar as primeiras. Ainda que este passo não tenha sido tomado no Capítulo V deste trabalho, sugeriu-se a sua execução a partir da análise de dados históricos referentes aos indicadores de desempenho utilizados no SGS para a UA. Analisando os valores históricos dos 3 indicadores de desempenho emergético da UA, observa-se que não se regista uma evolução positiva em nenhum dos indicadores: a energia utilizada nos edifícios tem-se mantido mais ou menos constante; a retribuição emergética da UA para a sociedade, avaliada sobre a forma de diplomados, tem diminuído; e a relação emergética entre professores e alunos tem também diminuído, facto que pode refletir-se na qualidade dos “produtos” da UA.

Para além dos indicadores emergéticos identificaram-se outros com o intuito de avaliar o desempenho da organização sobre as quatro perspetivas de avaliação adotadas (Conhecimento e Competências; Interna; Partes Interessadas; Sustentabilidade). Deste processo constatou-se que grande parte dos objetivos que se pretendem atingir não dispõem de informação disponível, neste momento, para ser utilizada e para compor os indicadores. A Tabela V - 6 apresenta o conjunto de informação necessária, para além daquela requerida para realizar a análise emergética, para a definição dos indicadores, e que a organização deve recolher e documentar.

As fases de implementação, verificação e revisão do SGS serão subsequentes à fase de planeamento que se apresentou neste capítulo, e que no seu conjunto completarão o ciclo PDCA ou de Deming e que contempla o conceito de “melhoria contínua”.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

VI.1. SÍNTESE DO TRABALHO DESENVOLVIDO

O conceito “desenvolvimento sustentável” está bem presente na sociedade contemporânea, sendo muitas vezes utilizado pelas organizações como um estandarte do seu compromisso para com a sociedade e o ambiente. Ao longo dos anos, as organizações têm utilizado diversas ferramentas que possibilitam demonstrar esse seu compromisso para com questões ambientais e de responsabilidade social, e, de algum modo, avaliar o seu desempenho a respeito dessas questões. No entanto, nem sempre o grau de interiorização do conceito na(s) atividade(s) da organização acompanha a imagem que a mesma pretende passar. Isto acontece, porque, em parte, por muito que se fale em “*desenvolvimento sustentável*”, a verdade é que o paradigma de desenvolvimento económico no qual assenta a sociedade atual se baseia ainda no consumo de recursos sem grande consciência da sua dimensão finita. Neste sentido, as universidades podem e devem desempenhar um papel fundamental na busca do desenvolvimento sustentável, por duas razões fundamentais:

1. As instituições de ensino superior (IES) sendo um dos repositórios do conhecimento, têm uma responsabilidade especial no desenvolvimento da sociedade, particularmente na educação dos futuros líderes e na proliferação da consciência pública sobre o desenvolvimento sustentável. A introdução do conceito de desenvolvimento sustentável transversal a todos os *currícula* de cursos universitários poderá funcionar como catalisador para transportar o conceito de sustentabilidade para uma cidadania responsável.
2. Simultaneamente, as IES, enquanto parte da sociedade, devem aplicar o conceito no desenvolvimento da sua atividade, funcionando a organização como um laboratório de experimentação de tecnologias e soluções sustentáveis. Como tal, as universidades devem “*liderar pelo exemplo*”, promovendo um padrão de desenvolvimento compatível com os princípios que sustentam o conceito de desenvolvimento sustentável: a proteção ambiental e o princípio da equidade intra e inter-geracional.

Este trabalho de investigação partiu assim da formulação do seu objeto sob a forma de uma pergunta de partida: “O que é e como se poderá avaliar a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior?”. O primeiro passo para responder à questão de partida incluiu uma revisão bibliográfica ao conceito da sustentabilidade, à sua implementação, à utilização de ferramentas de gestão e avaliação nas organizações, com especial enfoque nas instituições de ensino superior.

Realçar a importância do conceito de sustentabilidade na gestão estratégica e operacional das organizações foi apresentado como uma das contribuições esperadas desta tese. Para tal, desenvolveu-se uma ferramenta que permite articular o conceito “desenvolvimento sustentável” com toda a atividade de uma IES, e avaliar o seu desempenho face a uma Política para a Sustentabilidade que a organização deve adotar. Esta tese propõe a utilização de uma ferramenta de gestão e avaliação de sustentabilidade que faz a integração de duas ferramentas de gestão muito utilizadas nas organizações (sistemas de gestão normalizados ISO e o *Balanced Scorecard*), e um conceito de base física baseado na “*teoria emergética*”. O interesse na utilização deste conceito parte da particularidade de a sua utilização permitir reduzir a uma única unidade de medição todos os fluxos de entrada num sistema, independentemente da sua natureza, conjugando numa análise integrada parâmetros de carácter social, económico e físico-químico. Torna-se assim possível avaliar a importância relativa de cada fluxo de entrada, contabilizando os mesmos do ponto de vista emergético. A análise emergética de sistemas tem ainda outras características apelativas: tem em consideração a diferença na qualidade de energia e a sua capacidade de realizar trabalho, utilizando para tal o conceito de *transformidade*; conecta sistemas económicos e ecológicos compensando a dificuldade de avaliar monetariamente fluxos ambientais; e utiliza fundamentos termodinâmicos, i.e., suportados por modelos físicos consensuais.

O modelo para um Sistema de Gestão da Sustentabilidade (SGS) proposto e desenvolvido no âmbito deste trabalho conjuga e valoriza as principais características destas três ferramentas: o pressuposto da inexistência de um estado ótimo de desempenho, e que resulta num processo de melhoria contínua da gestão da organização (ciclo PDCA); a capacidade de tradução da perspetiva estratégica da gestão para o plano operacional, característica do BSC e a utilização de indicadores emergéticos para melhor avaliar a sustentabilidade da organização.

O modelo SGS baseia a sua estrutura nos sistemas de gestão normalizados ISO, englobando as fases de planeamento, implementação, verificação, e revisão. A fase de “Planeamento” do modelo do SGS foi aplicada à Universidade de Aveiro, contemplando assim a **análise emergética** à organização e a definição de um Mapa Estratégico para traduzir o **planeamento estratégico** em planeamento operacional.

A **análise emergética** é uma parte integrante do SGS, e a sua utilização pretende alicerçar a sua posição como uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade de sistemas. Da análise emergética a um caso concreto resultou a contabilização dos recursos utilizados pela Universidade de Aveiro (UA), no ano 2010, sob a mesma unidade de medição, permitindo assim compreender os recursos com mais impacto no sistema. Sem surpresa, os fluxos de informação representam a maior fatia dos recursos utilizados (cerca de 96%), uma vez que a universidade pode ser vista como uma “máquina” de processamento de

informação. Os recursos remanescentes (4% do total) são dominados pelos fluxos financeiros que representam a maior parte desta componente do “orçamento emergético”, grande parte dos quais serve para sustentar os serviços prestados pelo corpo docente da UA. Em relação aos produtos ou fluxos de saída da UA, foram considerados três tipos: alunos diplomados; publicações científicas; serviços prestados. Neste trabalho, do ponto de vista da alocação de recursos e da álgebra emergética, consideraram-se estes produtos como independentes. Os fluxos de informação foram desagregados, partindo de um conjunto de pressupostos, pelos três diferentes produtos, resultando assim numa utilização diferente dos recursos emergéticos totais (62% utilizados na formação de alunos, 36% para a produção de publicações científicas e 3,7% na prestação de serviços). O procedimento desenvolvido para a análise emergética inclui também a análise de incerteza associada aos seus cálculos. A análise de incerteza para ambas as análises emergéticas realizadas (UA e Portugal) incidiram apenas sobre a utilização de valores médios de *transformidade*, consequência dos diferentes valores encontrados na literatura para o mesmo parâmetro. A incerteza associada aos cálculos das *transformidades* do dinheiro e informação da economia portuguesa reflete-se depois nos cálculos da análise emergética à Universidade de Aveiro. A avaliação dos dados disponíveis relativos à economia portuguesa resultou em valores de *transformidade* dos fluxos de informação e de dinheiro com uma incerteza associada de 7%. Os produtos da atividade da UA apresentam incerteza de 5%.

A **definição da estratégia** deve ter em atenção as quatro perspetivas sob as quais se pretende avaliar o desempenho da organização: conhecimentos e competências; interna; partes interessadas; sustentabilidade. Para cada uma destas perspetivas foram definidas prioridades estratégicas e, para cada uma destas, objetivos de desempenho a serem avaliados por indicadores de desempenho. Relembre-se que o SGS tem como objetivo final, melhorar a “sustentabilidade” da organização, estando por isso a perspetiva “sustentabilidade” e respetivos objetivos, no topo da hierarquia do Mapa Estratégico adotado. Este é o documento que facilita a transição do planeamento estratégico para o campo operacional. Foi desenvolvido um conjunto de indicadores com o propósito de avaliar os objetivos de desempenho estabelecidos para cada perspetiva. Na perspetiva “sustentabilidade”, encontram-se indicadores emergéticos desenvolvidos a partir da análise emergética à UA. Utilizaram-se para o efeito três indicadores emergéticos: um deles mais direcionado para a avaliação da interação ambiente-economia através da relação entre os recursos energéticos consumidos na utilização dos edifícios e os recursos utilizados para a sua construção; um outro que pretende relacionar a relação entre os recursos emergéticos que a universidade vai buscar à economia com a sua retribuição contabilizada em termos de diplomados “produzidos”; um terceiro indicador pretende medir a relação emergética entre o corpo docente e discente da universidade. Analisando os valores históricos dos 3 indicadores de desempenho emergético, observa-se que a UA

não regista uma evolução positiva em nenhum dos indicadores: a energia utilizada nos edifícios tem-se mantido mais ou menos constante; a retribuição emergética da UA para a sociedade, avaliada sobre a forma de diplomados, tem diminuído; e a relação emergética entre professores e alunos tem também diminuído, facto que pode refletir-se na qualidade dos “produtos” da UA.

Paralelamente ao modelo desenvolvido para implementar o SGS, desenvolveu-se e propôs-se um procedimento sistemático para a análise emergética de sistemas, o que constitui um contributo para a uniformização e disseminação deste método de análise. A análise da literatura publicada revelou a adoção de procedimentos diversos e/ou assunção de pressupostos pouco claros, o que constitui uma barreira à disseminação desta metodologia. Por outro lado, procurou-se assimilar ao procedimento as melhorias que o método tem recebido nos últimos anos, nomeadamente em resposta às críticas de que o mesmo tem sido alvo nomeadamente no que se refere à análise de incerteza. O procedimento proposto pretende munir os analistas de uma ferramenta que possibilita apresentar de forma clara os pressupostos assumidos e os resultados obtidos, tornando mais fácil a sua leitura e a sua utilização como ferramenta de análise.

VI.2. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Como principais conclusões do trabalho desenvolvido destacam-se:

- **A adequabilidade do ciclo *Plan-Do-Check-Act* à implementação de um SGS:** A base do modelo apresentado neste trabalho assenta no princípio de melhoria contínua, comum a outros sistemas de gestão normalizados. A utilização do ciclo PDCA possibilita, em primeiro lugar, a definição do conceito de sustentabilidade de acordo com o entendimento e contexto da organização. Por outro lado, permite também sistematizar as diferentes etapas necessárias para implementar e avaliar o conceito de sustentabilidade na(s) sua(s) atividade(s). A fase de planeamento apresenta um carácter fundamental no processo, uma vez que requer, de uma forma quase orgânica, a utilização de uma ferramenta de avaliação (neste caso a *AEm*) e a tradução de uma visão estratégica para o campo operacional da organização (neste caso através do *BSC*).
- **A dimensão holística que a análise emergética, como ferramenta de avaliação, oferece ao SGS:** a utilização da *AEm* obriga a organização a adotar uma abordagem sistémica da sua atividade, resultando numa visão mais aprofundada da sua relação com o contexto ambiental, económico e social em que se insere. Esta visão sistémica, e consequente identificação dos fluxos de recursos trocados entre a organização e a interface economia-ambiente) pode ainda auxiliar a organização no reconhecimento das principais *Partes Interessadas* da mesma.

Recorde-se que, de acordo com o modelo proposto neste trabalho, a perspetiva destas últimas deve ser tida em consideração na implementação do SGS. Por último, a capacidade de apresentar sob uma única unidade de medição todos os fluxos de recursos utilizados pela organização facilita a hierarquização da importância de cada um deles, e deste modo evita o desvio do enfoque da organização para atividades e/ou recursos secundários. No caso de estudo apresentado, sendo uma IES, a informação surge como o recurso mais significativo do ponto de vista emergético.

- **A importância da visão estratégica e da sua tradução em termos operacionais na fase planeamento de um SGS:** A utilização da metodologia BSC para a definição da estratégia do SGS implica a construção de um *Mapa Estratégico*, composto por prioridades estratégicas, identificadas para um conjunto de perspetivas da organização, que apresentam relações causais que influenciam, em última instância a sustentabilidade da organização. A definição de objetivos de desempenho para cada perspetiva expressa o que deve ser feito para executar a estratégia.
- **O carácter geral do modelo de SGS proposto é capaz de se ajustar ao carácter específico de uma IES:** pretendeu-se neste trabalho desenvolver um modelo capaz de ser utilizado em todas as organizações que pretendam gerir os seus recursos e atividades de forma sustentável. No entanto, a pergunta de partida para este trabalho prendia-se com a gestão da sustentabilidade de uma universidade. Nesse sentido, era fundamental que o modelo desenvolvido não se desvirtuasse quando aplicado à especificidade da atividade e responsabilidade das IES. No caso particular das IES, o modelo permite a abordagem da implementação do conceito de desenvolvimento sustentável nas quatro dimensões da universidade enumeradas por Cortese (2003): Educação, Investigação, Operação; Relação com as partes interessadas. Utilizando as perspetivas mencionadas no Mapa Estratégico definido para o efeito, o exemplo apresentado no Capítulo V inclui objetivos de desempenho que pretendem avaliar as dimensões educação (Disseminar o conceito “desenvolvimento sustentável” nos currícula), investigação (Publicar documentos científicos), operação (otimizar o consumo de energia e materiais), e partes interessadas (Atender às necessidades de formação da sociedade).

VI.3. LIMITAÇÕES E TRABALHO FUTURO

O trabalho realizado apresenta, obviamente, algumas limitações:

- **A utilização do conceito “emergia” limita a sua aplicação:** O, ainda, pouco conhecimento acerca da teoria emergética fora de um círculo mais ou menos restrito de investigadores representa um entrave à aplicação generalizada do modelo proposto. Uma das intenções, aliás, deste trabalho é precisamente divulgar o conceito “emergia” no meio científico nacional. Por outro lado, a implementação, em toda a sua extensão, do SGS apresentado neste trabalho e posterior manutenção do mesmo durante um período de tempo razoável numa organização, auxiliaria a consolidação não só no meio académico mas também fora dele.
- **A dificuldade na recolha de valores de *Transformidade*:** O cálculo emergético está dependente dos valores de *Transformidade* dos recursos a avaliar. De forma a evitar cálculos desnecessários na realização de uma certa análise emergética, torna-se pertinente analisar a bibliografia existente de modo a encontrar valores de transformidade, já calculados por outros autores, para recursos avaliados no âmbito da mesma análise. A localização dispersa deste tipo de informação, juntamente com a deficiente caracterização em termos da sua qualidade (incerteza associada e características espaço-temporais), tornam o processo de recolha de valores de transformidade já existentes uma tarefa morosa. Nesse sentido, torna-se evidente a carência de uma base de dados que disponibilize de forma centralizada os valores de transformidade para os mais diferentes recursos, devidamente caracterizados em termos qualitativos.
- **A incompleta avaliação emergética da informação:** Um dos grandes trunfos que a teoria emergética apresenta centra-se na sua capacidade de avaliar todo o tipo de recursos, informação incluída, sob a mesma unidade de medição. No entanto, ainda que seja de facto possível avaliar emergeticamente os fluxos de informação, esta avaliação é incompleta no sentido em que não é possível estimar o valor intrínseco da informação. Isto é, ao longo deste trabalho, a informação é avaliada, do ponto de vista emergético, em função do nível de educação do transmissor da mesma e não em relação ao seu conteúdo. Não é possível do ponto de vista emergético responder, por exemplo, à questão: “É mais importante uma formação especializada ou uma outra mais assente na multidisciplinaridade?”. De forma a responder a esta questão seria necessário desenvolver uma metodologia que centre a avaliação da informação no seu valor intrínseco e não no portador da mesma.

BIBLIOGRAFIA

AASHE - Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education WebSite [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.aashe.org/>>. Acedido em 03-03-2010]

AASHE - Sustainability Tracking, Assessment & Rating System (STARS) - Technical Manual version 1.0. 2010b.

AASHE - Sustainability Tracking, Assessment & Rating System (STARS®) web page [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://stars.aashe.org/>>. Acedido em 03-03-2010]

ABEL, T. - Human transformities in a global hierarchy: Emergy and scale in the production of people and culture. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 221, n.º 17 (2010), p. 2112-2117.

ADAMS, R. H. - Economic growth, inequality and poverty: Estimating the growth elasticity of poverty. World Development. ISSN 0305-750X. Vol. 32, n.º 12 (2004), p. 1989-2014.

ALESINA, A.; RODRIK, D. - Distributive Politics and Economic-Growth. Quarterly Journal of Economics. ISSN 0033-5533. Vol. 109, n.º 2 (1994), p. 465-490.

ALIER, J. M. - Socially Sustainable Economic De-growth. Development and Change. ISSN 0012-155X. Vol. 40, n.º 6 (2009), p. 1099-1119.

IV Biennial International Workshop "Advances in Energy Studies" Unicamp, Campinas, Brasil, 2004, Emergy evaluation of bio-oil production using sugarcane biomass residues at fast pyrolysis pilot in Brazil. City 2004.

ALSHUWAIKHAT, H. M.; ABUBAKAR, I. - An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 16, n.º 16 (2008), p. 1777-1785.

AMMENBERG, J.; HJELM, O.; QUOTES, P. - The Connection Between Environmental Management Systems and Continual Environmental Performance Improvements. Corporate Environmental Strategy. ISSN 1066-7938. Vol. 9, n.º 2 (2002), p. 183-192.

AMUNDSEN, A. - Joint management of energy and environment. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 8, n.º 6 (2000), p. 483-494.

ASIF, M.; MUNEEB, T. - Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. Renewable & Sustainable Energy Reviews. ISSN 1364-0321. Vol. 11, n.º 7 (2007), p. 1388-1413.

ATKISSON, A.; HATCHER, R. LEE - THE COMPASS INDEX OF SUSTAINABILITY: PROTOTYPE FOR A COMPREHENSIVE SUSTAINABILITY INFORMATION SYSTEM. Journal of Environmental Assessment Policy and Management. Vol. 03, n.º 04 (2001), p. 509-532.

AYRES, R. U. - Sustainability economics: Where do we stand? Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 67, n.º 2 (2008), p. 281-310.

AZAPAGIC, A. - Systems Approach to Corporate Sustainability: A General Management Framework. Process Safety and Environmental Protection. ISSN 0957-5820. Vol. 81, n.º 5 (2003), p. 303-316.

- BAKSHI, B. R.; HAU, J. L. - Promise and problems of emergy analysis. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 178, n.º 1-2 (2004), p. 215-225.
- BANSAL, P.; BOGNER, W. C. - Deciding on ISO 14001: Economics, institutions, and context. Long Range Planning. ISSN 0024-6301. Vol. 35, n.º 3 (2002), p. 269-290.
- BARDI, E. ; COHEN, M. J.; BROWN, M. T. - A linear optimization method for computing transformities from ecosystem energy webs. In: FLORIDA, C. F. E. P.-U. O. - Emergy Synthesis 3: Theory and Application of the Emergy Methodology. Gainesville: 2005.
- BASTIANONI, S.; CAMPBELL, D. E.; RIDOLFI, R.; PULSELLI, F. M. - The solar transformity of petroleum fuels. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 220, n.º 1 (2009), p. 40-50.
- BASTIANONI, S.; FACCHINI, A.; SUSANI, L.; TIEZZI, E. - Emergy as a function of exergy. Energy. ISSN 0360-5442. Vol. 32, n.º 7 (2007), p. 1158-1162.
- BASTIANONI, S.; MARCHETTINI, N. - Emergy/exergy ratio as a measure of the level of organization of systems. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 99, n.º 1 (1997), p. 33-40.
- BASTIANONI, S. [et al.] - Emergy and emergy algebra explained by means of ingenious set theory (vol 222, pg 2903, 2011). Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 222, n.º 18 (2011), p. 3455-3455.
- BASTIANONI, S.; PULSELLI, F. M.; RUSTICI, M. - Exergy versus emergy flow in ecosystems: Is there an order in maximizations? Ecological Indicators. ISSN 1470-160X. Vol. 6, n.º 1 (2006), p. 58-62.
- BECKER, C.; FABERA, M.; HERTEL, K.; MANSTETTEN, R. - Malthus vs. Wordsworth: Perspectives on humankind, nature and economy. A contribution to the history and the foundations of ecological economics. Ecological Economics. Vol. 53, n.º 3 (2005), p. 299-310.
- BORGHESI, S.; VERCELLI, A. - Sustainable globalisation. Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 44, n.º 1 (2003), p. 77-89.
- BOULDING, KENNETH EWART- The Economics of the Coming Spaceship Earth Sixth Resources for the Future Forum on Environmental Quality in a Growing Economy Washington, D.C.: Johns Hopkins Press, 1966.
- BOURDIEU, PIERRE - Le métier de sociologue : préalables épistémologiques. Mouton, 1973. ISBN 2-7132-0002-4.
- BOURGUIGNON, F.; MORRISSON, C. - Inequality among world citizens: 1820-1992. American Economic Review. ISSN 0002-8282. Vol. 92, n.º 4 (2002), p. 727-744.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION, . ; FORUM FOR THE FUTURE, .; ACCOUNTABILITY, . - The Sigma Project Website [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.projectsigma.co.uk/>>]. Acedido em 02-02-2012
- BROUWER, M. A. C.; VAN KOPPEN, C. S. A. K. - The soul of the machine: continual improvement in ISO 14001. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 16, n.º 4 (2008), p. 450-457.
- BROWN, M. T.; COHEN, M. J.; SWEENEY, S. - Predicting national sustainability: The convergence of energetic, economic and environmental realities. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 220, n.º 23 (2009), p. 3424-3438.

BROWN, M. T.; HERENDEEN, R. A. - Embodied energy analysis and EMERGY analysis: A comparative view. Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 19, n.º 3 (1996), p. 219-235.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. - Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. Ecological Engineering. ISSN 0925-8574. Vol. 9, n.º 1-2 (1997), p. 51-69.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. - Emergy Analysis and Environmental Accounting. In: EDITOR-IN-CHIEF: CUTLER, J. C. - Encyclopedia of Energy. New York: Elsevier, 2004. ISBN 978-0-12-176480-7, p. 329-354.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. - Understanding the global economic crisis: A biophysical perspective. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 223, n.º 1 (2011), p. 4-13.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. - Updated evaluation of exergy and emergy driving the geobiosphere: A review and refinement of the emergy baseline. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 221, n.º 20 (2010), p. 2501-2508.

BSI, BRITISH STANDARDS INSTITUTE ; ACCOUNTABILITY; FORUM FOR THE FUTURE - The SIGMA guidelines: Sustainability Scorecard. 2001.

BURKE, S.; GAUGHRAN, W. F. - Developing a framework for sustainability management in engineering SMEs. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. ISSN 0736-5845. Vol. 23, n.º 6 (2007), p. 696-703.

CAMPBELL, D.; BRANDT-WILLIAMS, S.; MEISCH, M. - Environmental Accounting Using Emergy: Evaluation of the State of West Virginia. 2005.

CAMPBELL, D. E. - Emergy analysis of human carrying capacity and regional sustainability: An example using the state of Maine. Environmental Monitoring and Assessment. ISSN 0167-6369. Vol. 51, n.º 1-2 (1998), p. 531-569.

CAMPBELL, D. [et al.] - Keeping the books for environmental systems: An emergy analysis of West Virginia. Environmental Monitoring and Assessment. ISSN 0167-6369. Vol. 94, n.º 1-3 (2004), p. 217-230.

CAMPBELL, D.; OHRT, A. - Environmental accounting using emergy : evaluation of Minnesota. Narragansett, RI: US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Atlantic Ecology Division, 2009.

Proceedings of the 1st Biennial Emergy Analysis Research Conference: Emergy Quality and Tranformities, Gainesville, 1999, A revised solar transformity for tidal energy received by the earth and dissipated globally: implications for Emergy Analysis. City 1999.

CASADESUS, M.; KARAPETROVIC, S. - Has ISO 9000 lost some of its lustre? A longitudinal impact study. International Journal of Operations & Production Management. ISSN 0144-3577. Vol. 25, n.º 5-6 (2005), p. 580-596.

CASADESÚS, M.; MARIMON, F.; HERAS, I. - ISO 14001 diffusion after the success of the ISO 9001 model. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 16, n.º 16 (2008), p. 1741-1754.

CAVALETT, O.; ORTEGA, E. - Integrated environmental assessment of biodiesel production from soybean in Brazil. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 18, n.º 1 (2010), p. 55-70.

- CAVIGLIA-HARRIS, JILL L.; CHAMBERS, DUSTIN; KAHN, JAMES R. - Taking the “U” out of Kuznets: A comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation. Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 68, n.º 4 (2009), p. 1149-1159.
- CHEN, G. Q. [et al.] - Emergy analysis of Chinese agriculture. Agriculture Ecosystems & Environment. ISSN 0167-8809. Vol. 115, n.º 1-4 (2006), p. 161-173.
- CHEN, S.; RAVALLION, M. - An update to the World Bank’s estimates of consumption poverty in the developing world. The World Bank, 2012.
- CHENOWETH, JONATHAN; FEITELSON, ERAN - Neo-Malthusians and Cornucopians put to the test: Global 2000 and The Resourceful Earth revisited. Futures. ISSN 0016-3287. Vol. 37, n.º 1 (2005), p. 51-72.
- CHRISTOFFERSEN, LINE BLOCK; LARSEN, ANDERS; TOGEBY, MIKAEL - Empirical analysis of energy management in Danish industry. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 14, n.º 5 (2006), p. 516-526.
- CLARKE, A.; KOURI, R. - Choosing an appropriate university or college environmental management system. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 17, n.º 11 (2009), p. 971-984.
- CLARKE, AMELIA - The campus environmental management system cycle in practice: 15 years of environmental management, education and research at Dalhousie University. International Journal of Sustainability in Higher Education. Vol. 7, n.º 4 (2006), p. 374 - 389.
- COCHIN, TED J. - Continuously improving your environmental strategies. Corporate Environmental Strategy. ISSN 1066-7938. Vol. 5, n.º 2 (1998), p. 57-60.
- COLE, LINDSEY - Assessing sustainability on canadian university campuses: Development of a campus sustainability assessment framework. Royal Roads University, 2003. Master.
- COLLINS, D.; ODUM, H. T. - Calculating transformities with an eigenvector method. In: FLORIDA, C. F. E. P.-U. O. - Emergy Synthesis 1: Theory and Applications of the Emergy Methodology. Gainesville, Florida: 2000.
- COPELAND, B. R.; TAYLOR, M. S. - Trade, growth, and the environment. Journal of Economic Literature. ISSN 0022-0515. Vol. 42, n.º 1 (2004), p. 7-71.
- COPENHAGEN, UNIVERSITY OF - The University of Copenhagen Website [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:http://climate.ku.dk/green_campus/>]. Acedido em 12-05-2011
- CORTESE, ANTHONY D. - The Critical Role of Higher Education in Creating a Sustainable Future. Planning for Higher Education. Vol. 31, n.º 3 (2003), p. 15-22.
- CUCEK, L.; KLEMES, J. J.; KRAVANJA, Z. - A Review of Footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 34 (2012), p. 9-20.
- D’UGGENTO, A. M.; IAQUINTA, M. ; VITO, R.- A New Approach in University Evaluation: the Balanced Scorecard: Statistical modelling for University Evaluation: an International Overview. Università di Foggia- Mattinata 2008. Disponível em WWW:<URL:<https://oc.ict.uniba.it/home/organizzazione/macro-area/a-proposal-of-a-balanced-scorecard-for-governance-1/Articolo.pdf>>.

DALAL-CLAYTON, D. B.; BASS, STEPHEN - Sustainable development strategies : a resource book. London ; Sterling, VA: Earthscan, 2002. ISBN 1853839469.

DALE, B. G. - Managing quality. 4th. Malden, MA: Blackwell Pub., 2003. ISBN 0631236147 (pbk alk. paper).

DASGUPTA, S.; LAPLANTE, B.; WANG, H.; WHEELER, D. - Confronting the environmental Kuznets curve. Journal of Economic Perspectives. ISSN 0895-3309. Vol. 16, n.º 1 (2002), p. 147-168.

DASTJERDI, R. B.; ISFAHANI, R. D. - Equity and economic growth, a theoretical and empirical study: MENA zone. Economic Modelling. ISSN 0264-9993. Vol. 28, n.º 1-2 (2011), p. 694-700.

Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment 1972. [Consult. 01-06-2012]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/estocolmo1972.pdf>>.

DEININGER, K.; SQUIRE, L. - A new data set measuring income inequality. World Bank Economic Review. ISSN 0258-6770. Vol. 10, n.º 3 (1996), p. 565-591.

DEININGER, K.; SQUIRE, L. - New ways of looking at old issues: inequality and growth. Journal of Development Economics. ISSN 0304-3878. Vol. 57, n.º 2 (1998), p. 259-287.

DELMAS, M. A. - The diffusion of environmental management standards in Europe and in the United States: An institutional perspective. Policy Sciences. ISSN 0032-2687. Vol. 35, n.º 1 (2002), p. 91-119.

DEMENOCAL, P. B. - Cultural responses to climate change during the Late Holocene. Science. ISSN 0036-8075. Vol. 292, n.º 5517 (2001), p. 667-673.

DIAS-SARDINHA, IDALINA; REIJNDERS, LUCAS; ANTUNES, PAULA - From environmental performance evaluation to eco-efficiency and sustainability balanced scorecards. Environmental Quality Management. ISSN 1520-6483. Vol. 12, n.º 2 (2002), p. 51-64.

DINCER, I.- Environmental impacts of energy.: Energy Policy. 1999.

DONG, X. B. [et al.] - Energy and eMergy evaluation of bioethanol production from wheat in Henan Province, China. Energy Policy. ISSN 0301-4215. Vol. 36, n.º 10 (2008), p. 3882-3892.

DUAN, N. [et al.] - Evaluating the environmental impacts of an urban wetland park based on emergy accounting and life cycle assessment: A case study in Beijing. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 222, n.º 2 (2011), p. 351-359.

EMAS - EU Eco-Management and Audit Scheme [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://ec.europa.eu/environment/emas/>>. Acedido em 09-10-2011

EPA; DOE - Laboratories for the 21st Century :case studies - Whitehead Biomedical Research Building at Emory University, Atlanta, Georgia. U.S. Department of Energy (DOE) and U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2005.

EUROPEAN UNION. - EMAS website [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm>. Acedido em 12-03-2010

FENG, X. A.; MU, H. F.; CHU, K. H. - Improved emergy indices for the evaluation of industrial systems incorporating waste management. Ecological Engineering. ISSN 0925-8574. Vol. 37, n.º 2 (2011), p. 335-342.

FERREIRA, A. J. D.; LOPES, M. A. R.; MORAIS, J. P. F. - Environmental management and audit schemes implementation as an educational tool for sustainability. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 14, n.º 9-11 (2006), p. 973-982.

FERREIRA, F. H.G. - Inequality and Economic Performance - A Brief Overview to Theories of Growth and Distribution. [em linha]. (1999). [Consult. 25-03-2012]. Disponível na

FIGGE, FRANK; HAHN, TOBIAS; SCHALTEGGER, STEFAN; WAGNER, MARCUS - The Sustainability Balanced Scorecard – linking sustainability management to business strategy. Business Strategy and the Environment. ISSN 1099-0836. Vol. 11, n.º 5 (2002), p. 269-284.

FILIPPÍN, C. - Benchmarking the energy efficiency and greenhouse gases emissions of school buildings in central Argentina. Building and Environment. ISSN 0360-1323. Vol. 35, n.º 5 (2000), p. 407-414.

FISHER, RICHARD M. - Applying ISO 14001 as a business tool for campus sustainability: A case study from New Zealand. International Journal of Sustainability in Higher Education. ISSN 1467-6370. Vol. 4, n.º 2 (2003), p. 138-150.

FORBES, K. J. - A reassessment of the relationship between inequality and growth. American Economic Review. ISSN 0002-8282. Vol. 90, n.º 4 (2000), p. 869-887.

FRANCK-DOMINIQUE, V. - Sustainable development: An overview of economic proposals. S.A.P.I.EN.S. (2008).

GOH, C. S.; LEE, K. T. - Palm-based biofuel refinery (PBR) to substitute petroleum refinery: An energy and emergy assessment. Renewable & Sustainable Energy Reviews. ISSN 1364-0321. Vol. 14, n.º 9 (2010), p. 2986-2995.

GOMES, AGOSTINHA - O papel do Balanced Scorecard na avaliação de desempenho do Sistema Policial Português. Braga: Universidade do Minho, 2006.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. - Environmental Impacts of a North-American Free-Trade Agreement. Mexico-U.S. Free Trade Agreement. (1993), p. 13-56.

GUIMARAES, B.; SIMOES, P.; MARQUES, R. C. - Does performance evaluation help public managers? A Balanced Scorecard approach in urban waste services. Journal of Environmental Management. ISSN 0301-4797. Vol. 91, n.º 12 (2010), p. 2632-2638.

Halifax Declaration. 1991. [Consult. 17-02-2010]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.iisd.org/educate/declarat/halifax.htm>>.

HILLARY, RUTH - Environmental management systems and the smaller enterprise. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 12, n.º 6 (2004), p. 561-569.

HOLTON, IAN; GLASS, JACQUI; PRICE, ANDREW D. F. - Managing for sustainability: findings from four company case studies in the UK precast concrete industry. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 18, n.º 2 (2010), p. 152-160.

HUANG, S. L. - Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis. Journal of Environmental Management. ISSN 0301-4797. Vol. 52, n.º 1 (1998), p. 39-51.

HUBBARD, G. - Measuring Organizational Performance: Beyond the Triple Bottom Line. Business Strategy and the Environment. ISSN 0964-4733. Vol. 18, n.º 3 (2009), p. 177-191.

ILOMÄKI, MIKA; MELANEN, MATTI - Waste minimisation in small and medium-sized enterprises--do environmental management systems help? Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 9, n.º 3 (2001), p. 209-217.

INGWERSEN, W. W. - Uncertainty characterization for emergy values. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 221, n.º 3 (2010), p. 445-452.

INTERNATIONAL SUSTAINABLE CAMPUS NETWORK, . - Implementation Guidelines to the ISCNGULF Sustainable Campus Charter. 2010.

IPCC.; TATA ENERGY RESEARCH INSTITUTE. - Simplifying climate change : based on the findings of the IPCC fourth assessment report. New Delhi: The Energy and Resources Institute, 2009. ISBN 9788179932360.

IPQ. - Norma portuguesa NP EN ISO 14001:2004 - Sistemas de gestão ambiental : requisitos e linhas de orientação para a sua utilização. Caparica, 2006.

IPQ. - Norma portuguesa sistemas de gestão da qualidade ISO 9001:2000. Lisboa: IPQ, 2000.

ISCN - International Sustainable Campus Network WebSite [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.international-sustainable-campus-network.org/>>]. Acedido em 01-11-2012

ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION- ISO 26000 project overview. Genève, 2010. ISBN/ISSN 978-92-67-10537-6.

ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - The ISO Survey – 2007. 17. 2007. ISBN 978-92-67-10489-8.

ISO, INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION - - The integrated use of management system standards 1. 2008. ISBN 978-92-67-10473-7.

JAMES, PETER; HOPKINSON, LISA- Carbon, Energy and Environmental Issues in Higher Education - Current Regulations and Schemes. 2009. Disponível em WWW:<URL:http://www.goodcampus.org/files/files/3-Breeam_and_other_regs_-_aude_primer_final_version_15.doc>.

JHA, RAGHBENDRA; MURTHY, K. V. BHANU - An inverse global environmental Kuznets curve. Journal of Comparative Economics. ISSN 0147-5967. Vol. 31, n.º 2 (2003), p. 352-368.

JORGENSEN, S. E.; NIELSEN, S. R.; MEJER, H. - Emergy, Environ, Exergy and Ecological Modeling. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 77, n.º 2-3 (1995), p. 99-109.

JORGENSEN, S. E.; ODUM, H. T.; BROWN, M. T. - Emergy and exergy stored in genetic information. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 178, n.º 1-2 (2004), p. 11-16.

JØRGENSEN, T. H. - Towards more sustainable management systems: through life cycle management and integration. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 16, n.º 10 (2008), p. 1071-1080.

JØRGENSEN, T. H.; REMMEN, A.; MELLADO, M. D. - Integrated management systems - three different levels of integration. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 14, n.º 8 (2006), p. 713-722.

KAHLENBORN, WALTER [et al.] - DIN EN 16001: Energy Management Systems in Practice, A Guide for Companies and Organisations. 2010.

KALOGIROU, S.A. - Environmental benefits of domestic solar energy systems. Energy conversion and management. Vol. 45, n.º 18-19 (2004), p. 3075-3092.

KAPLAN, ROBERT S. - Strategic Performance Measurement and Management in Nonprofit Organizations. Nonprofit Management and Leadership. ISSN 1542-7854. Vol. 11, n.º 3 (2001), p. 353-370.

KAPLAN, ROBERT S.; NORTON, DAVID P. - The balanced scorecard : translating strategy into action. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 1996. ISBN 0875846513 (alk. paper).

KARAPETROVIC, S.; CASADESÚS, M. - Implementing environmental with other standardized management systems: Scope, sequence, time and integration. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 17, n.º 5 (2009), p. 533-540.

KERSCHNER, C. - Economic de-growth vs. steady-state economy. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 18, n.º 6 (2010), p. 544-551.

KHAN, Z. - Cleaner production: an economical option for ISO certification in developing countries. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 16, n.º 1 (2008), p. 22-27.

KLOOT, L.; MARTIN, J. - Strategic performance management: A balanced approach to performance management issues in local government. Management Accounting Research. ISSN 1044-5005. Vol. 11, n.º 2 (2000), p. 231-251.

KRUT, R.; GLECKMAN, H - ISO 14001: A Missed Opportunity for Sustainable Global Industrial Development. London: Earthscan Publications Ltd, 1998. ISBN 1853835072.

LAWRENCE, STEWART; SHARMA, UMESH - Commodification of Education and Academic LABOUR—Using the Balanced Scorecard in a University Setting. Critical Perspectives on Accounting. ISSN 1045-2354. Vol. 13, n.º 5–6 (2002), p. 661-677.

LAZZARETTO, A. - A critical comparison between thermoeconomic and emergy analyses algebra. Emergy. ISSN 0360-5442. Vol. 34, n.º 12 (2009), p. 2196-2205.

LEFEBVRE, E.; LEFEBVRE, L. A.; TALBOT, S. - Determinants and impacts of environmental performance in SMEs. R & D Management. ISSN 0033-6807. Vol. 33, n.º 3 (2003), p. 263-283.

LEI, K. P.; WANG, Z. S.; TON, S. - Holistic emergy analysis of Macao. Ecological Engineering. ISSN 0925-8574. Vol. 32, n.º 1 (2008), p. 30-43.

LI, D. Z. [et al.] - An emergy analysis-based methodology for eco-efficiency evaluation of building manufacturing. Ecological Indicators. ISSN 1470-160X. Vol. 11, n.º 5 (2011a), p. 1419-1425.

LI, DONG; WANG, RUSONG - Hybrid Emergy-LCA (HEML) based metabolic evaluation of urban residential areas: The case of Beijing, China. Ecological Complexity. ISSN 1476-945X. Vol. 6, n.º 4 (2009), p. 484-493.

LI, L. J.; LU, H. F.; CAMPBELL, D. E.; REN, H. - Emergy algebra: Improving matrix methods for calculating transformities. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 221, n.º 3 (2010), p. 411-422.

LI, L. J.; LU, H. F.; CAMPBELL, D. E.; REN, H. - Methods for estimating the uncertainty in emergy table-form models. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 222, n.º 15 (2011b), p. 2615-2622.

LIU SHENG, SUN ; DONG-LIN, WAN ; SHU-WEN, DING ; GONG-HUI, QIN PEI - Emergy evaluation of a kind of biodiesel production system and construction of new emergy indices. Journal of Nanjing University (Natural Sciences). (2007).

LOMAS, P. L.; ALVAREZ, S.; RODRIGUEZ, M.; MONTES, C. - Environmental accounting as a management tool in the Mediterranean context: The Spanish economy during the last 20 years. Journal of Environmental Management. ISSN 0301-4797. Vol. 88, n.º 2 (2008), p. 326-347.

LÓPEZ, MARÍA; SALAS, JOSÉ - Hacia una gestión estratégica de los departamentos universitarios: propuesta de un cuadro de mando integral. Revista de los Organos Autónomos de Control Externo. n.º 35 (2005), p. 55-72.

LOTKA, A. J. - Contribution to the Energetics of Evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. ISSN 0027-8424. Vol. 8, n.º 6 (1922), p. 147-51.

LOZANO, R.- Auditing the Contributions of Cardiff University Curricula to Sustainable Development: GIN2009 Conference - Joint Actions on Climate Change. Aalborg, Denmark, 2009.

LOZANO, R. - Diffusion of sustainable development in universities' curricula: an empirical example from Cardiff University. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 18, n.º 7 (2010), p. 637-644.

LOZANO, R. - Incorporation and institutionalization of SD into universities: breaking through barriers to change. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 14, n.º 9-11 (2006a), p. 787-796.

LOZANO, R. - The state of sustainability reporting in universities. International Journal of Sustainability in Higher Education. Vol. 12, n.º 1 (2011), p. 67 - 78.

LOZANO, R. - A tool for a Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU). Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 14, n.º 9-11 (2006b), p. 963-972.

LOZANO, R.- A tool for easy benchmarking sustainability reports in Universities. Monterrey, 2004.

LU, H. F. [et al.] - Emergy and eco-exergy evaluation of four forest restoration modes in southeast China. Ecological Engineering. ISSN 0925-8574. Vol. 37, n.º 2 (2011), p. 277-285.

MACDONALD, JAMIE P. - Strategic sustainable development using the ISO 14001 Standard. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 13, n.º 6 (2005), p. 631-643.

MÄLARDALEN UNIVERSITY, . - Mälardalen University Webpage [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:http://www.mdh.se/news/news_archive/1.30895>]. Acedido em 12-03-2011

MALTHUS, T. R. - An Essay on the principle of population. Appleman New York, 1976.

MARCHETTINI, N.; RIDOLFI, R.; RUSTICI, M. - An environmental analysis for comparing waste management options and strategies. Waste Management. ISSN 0956-053X. Vol. 27, n.º 4 (2007), p. 562-571.

MARKERT, J.- The Malthusian fallacy: Prophecies of doom and the crisis of Social Security: The Social Science Journal. 2005.

MARTINEZ-ALIER, J.; PASCUAL, U.; VIVIEN, F. D.; ZACCAI, E. - Sustainable de-growth: Mapping the context, criticisms and future prospects of an emergent paradigm. Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 69, n.º 9 (2010), p. 1741-1747.

MCINTOSH, MARY; GAALSWYK, KENNETH; KENIRY, L. JULIAN; EAGAN, DAVID J. - CAMPUS ENVIRONMENT 2008 - A National Report Card on Sustainability in Higher Education. National Wildlife Federation, 2008.

MCINTOSH, MARY; NATIONAL WILDLIFE FEDERATION.; PRINCETON SURVEY RESEARCH ASSOCIATES. - State of the campus environment : a national report card on environmental performance and sustainability in higher education : a National Wildlife Federation report. Reston, VA: National Wildlife Federation, 2001. ISBN 0945051689 (pbk.).

MCKANE, A.; DESAI, D.; MEFFERT, W.A; GRELL-LAWE, H. - Summary comparision of national energy management standards. 2008.

MEADOWS, D. H. - Os limites do crescimento. Lisboa: Dom Quixote, 1972.

MEDRANO, MARC [et al.] - Economics and climate change emissions analysis of a bioclimatic institutional building with trigeneration and solar support. Applied Thermal Engineering. ISSN 1359-4311. Vol. 28, n.º 17-18 (2008), p. 2227-2235.

MEILLAUD, F.; GAY, J. B.; BROWN, M. T. - Evaluation of a building using the emergy method. Solar Energy. ISSN 0038-092X. Vol. 79, n.º 2 (2005), p. 204-212.

MENDES, P.; SANTOS, A. C.; PERNA, F.; TEIXEIRA, M. R. - The balanced scorecard as an integrated model applied to the Portuguese public service: a case study in the waste sector. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 24 (2012), p. 20-29.

MILANOVIC, B. - True world income distribution, 1988 and 1993: First calculation based on household surveys alone. Economic Journal. ISSN 0013-0133. Vol. 112, n.º 476 (2002), p. 51-92.

MINTZBERG, HENRY; AHLSTRAND, BRUCE W.; LAMPEL, JOSEPH - Strategy safari : a guided tour through the wilds of strategic management. New York: Free Press, 1998. ISBN 0684847434 (hardcover).

MONTEIRO, MARIA NAIULA PESSOA - Gestão das Universidades Federais Brasileiras - Um modelo fundamentado no Balanced Scorecard. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

MOXEN, J.; STRACHAN, P.A. - ISO 14001: a case of cultural myopia. Eco-Management and Auditing. ISSN 1099-0925. Vol. 7, n.º 2 (2000), p. 82-90.

MULLER-FURSTENBERGER, G.; WAGNER, M. - Exploring the environmental Kuznets hypothesis: Theoretical and econometric problems. Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 62, n.º 3-4 (2007), p. 648-660.

MÜLLER, JOÃO ROSA - Desenvolvimento de modelo de gestão aplicado à universidade, tendo por base o balanced scorecard. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

MUNASINGHE, MOHAN - Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the environmental Kuznets curve. Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 29, n.º 1 (1999), p. 89-109.

NESS, B.; URBEL-PIRSALU, E.; ANDERBERG, S.; OLSSON, L. - Categorising tools for sustainability assessment. Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 60, n.º 3 (2007), p. 498-508.

NEUMAYER, E. - Scarce or abundant? The economics of natural resource availability. Journal of Economic Surveys. ISSN 0950-0804. Vol. 14, n.º 3 (2000), p. 307-335.

NEURATH, P. - From Malthus to the club of Rome and back: Problems of limits to growth, population control, and migration. New York: M.E. Sharpe, 1994.

NILSSON, D. - Energy, exergy and emergy analysis of using straw as fuel in district heating plants. Biomass & Bioenergy. ISSN 0961-9534. Vol. 13, n.º 1-2 (1997), p. 63-73.

NIVEN, PAUL R. - Balanced scorecard step-by-step for government and nonprofit agencies. Hoboken, N.J.: Wiley, 2003. ISBN 0471423289 (CLOTH).

NOEKE, JOSEF - Environmental management systems for universities – A case study. International Journal of Sustainability in Higher Education. ISSN 1467-6370. Vol. 1, n.º 3 (2000), p. 237-251.

NORDHAUS, W. D. - World Dynamics - Measurement without Data. Economic Journal. ISSN 0013-0133. Vol. 83, n.º 332 (1973), p. 1156-1183.

O'REILLY, MARK; WATHEY, DAVID; GELBER, MATTHIAS - ISO 14031: Effective mechanism to environmental performance evaluation. Corporate Environmental Strategy. ISSN 1066-7938. Vol. 7, n.º 3 (2000), p. 267-275.

ODUM, HOWARD T. - Ecological and general systems : an introduction to systems ecology. Rev. Niwot, Colo.: University Press of Colorado, 1994. ISBN 087081320X (paper).

ODUM, HOWARD T. - Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making. New York: John Wiley & Sons, 1996. ISBN 9780471114420.

ODUM, HOWARD T. - Systems ecology : an introduction. New York: Wiley, 1983. ISBN 0471652776.

ODUM, HOWARD T.; BROWN, MARK T.; BRANDT-WILLIAMS, S. - Folio #1 - Introduction and Global Budget. In: FLORIDA, U. O. - Handbook of Emergy Evaluation - A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. 2000.

ORECCHINI, FABIO - The ISO 14001 certification of a machine-process. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 8, n.º 1 (2000), p. 61-68.

PACHAURI, R.K.; REISINGER, A. - Climate Change 2007: Synthesis Report. Geneve: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.

PANAYOTOU, T. - Training Workshop on Environmental Economics and Policy Analysis. Environmental Conservation. ISSN 0376-8929. Vol. 20, n.º 1 (1993), p. 87-87.

PEAK SITES. - Higher Education – Environmental Performance Improvement Website [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<<http://www.heepi.org.uk/index.htm>>. Acedido em 15-09-2009

PEREIRA, C. L. F.; ORTEGA, E. - Sustainability assessment of large-scale ethanol production from sugarcane. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 18, n.º 1 (2010), p. 77-82.

PEREIRA, L. - Síntese dos métodos de Pegada Ecológica e Análise Emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2008. 183 f.

PERSSON, T.; TABELLINI, G. - Is Inequality Harmful for Growth. American Economic Review. ISSN 0002-8282. Vol. 84, n.º 3 (1994), p. 600-621.

PIZZIGALLO, A. C. I.; GRANAI, C.; BORSA, S. - The joint use of LCA and emergy evaluation for the analysis of two Italian wine farms. Journal of Environmental Management. ISSN 0301-4797. Vol. 86, n.º 2 (2008), p. 396-406.

POTOSKI, M.; PRAKASH, A. - Regulatory convergence in nongovernmental regimes? Cross-national adoption of ISO 14001 certifications. Journal of Politics. ISSN 0022-3816. Vol. 66, n.º 3 (2004), p. 885-905.

PRESCOTT-ALLEN, ROBERT - The wellbeing of nations : a country-by-country index of quality of life and the environment. Washington, DC: Island Press, 2001. ISBN 1559638303.

PRICE, TREVOR J. - Preaching what we practice: experiences from implementing ISO 14001 at the University of Glamorgan. International Journal of Sustainability in Higher Education. ISSN 1467-6370. Vol. 6, n.º 2 (2005), p. 161-178.

PULSELLI, R. M. - Integrating emergy evaluation and geographic information systems for monitoring resource use in the Abruzzo region (Italy). Journal of Environmental Management. ISSN 0301-4797. Vol. 91, n.º 11 (2010), p. 2349-2357.

PULSELLI, R. M.; SIMONCINI, E.; MARCHETTINI, N. - Energy and emergy based cost-benefit evaluation of building envelopes relative to geographical location and climate. Building and Environment. ISSN 0360-1323. Vol. 44, n.º 5 (2009), p. 920-928.

PULSELLI, R. M.; SIMONCINI, E.; PULSELLI, F. M.; BASTIANONI, S. - Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability. Energy and Buildings. ISSN 0378-7788. Vol. 39, n.º 5 (2007), p. 620-628.

PUN, K. F.; HUI, I. K. - Integrating the safety dimension into quality management systems: a process model. Total Quality Management. ISSN 0954-4127. Vol. 13, n.º 3 (2002), p. 373-391.

QUIVY, R.; VAN CAMPENHOUDT, L. - Manual de investigação em ciências sociais. Lisboa: Gradiva, 1998.

RAVALLION, M.; CHEN, S. H. - What can new survey data tell us about recent changes in distribution and poverty? World Bank Economic Review. ISSN 0258-6770. Vol. 11, n.º 2 (1997), p. 357-382.

REN, J. M.; ZHANG, L.; WANG, R. S. - Measuring the sustainability of policy scenarios: Emergy-based strategic environmental assessment of the Chinese paper industry. Ecological Complexity. ISSN 1476-945X. Vol. 7, n.º 2 (2010), p. 156-161.

RIBEIRO, NUNO ADRIANO BAPTISTA - O Balanced Scorecard e a sua aplicação às instituições de ensino superior público. Braga: Universidade do Minho, 2005.

RIED, ROBIN C. - Using LEED as a Resource for Campus Sustainability Planning. Berkeley: University of California, 2008.

ROCHA, GUGLIELMO JOSÉ ALEXANDRIA - Desenvolvimento do Balanced Scorecard para Instituição de Ensino Superior Privada - Estudo de caso da unidade de negócios 4 da Universidade Gama. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

ROCHA, JEFFERSON MARÇAL DA- A Ciência Econômica Diante da Problemática Ambiental. Caxias do Sul, Brasil: IPES - Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais, 2004.

ROORDA, NIKO - Auditing Instrument for Sustainability in Higher Education. Dutch Foundation on Sustainable Higher Education and the Dutch Ministry of Environmental Affairs, 2001.

RUBEN, BRENT D. - Toward a Balanced Scorecard for Higher Education: Rethinking the College and University excellence indicators framework. 1999.

SALAMEH, M. G. - Can renewable and unconventional energy sources bridge the global energy gap in the 21st century? Applied Energy. ISSN 0306-2619. Vol. 75, n.º 1-2 (2003), p. 33-42.

SANTOS, F. D.; MIRANDA, P. - Alterações Climáticas em Portugal - Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Gradiva - Publicações, Lda., 2006. ISBN 989-616-081-3.

SAVELY, S. M.; CARSON, A. I.; DELCLOS, G. L. - An environmental management system implementation model for US colleges and universities. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 15, n.º 7 (2007), p. 660-670.

SCAVONE, G. M. - Challenges in internal environmental management reporting in Argentina. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 14, n.º 14 (2006), p. 1276-1285.

SCHNEIDER, F.; KALLIS, G.; MARTINEZ-ALIER, J. - Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability. Introduction to this special issue. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 18, n.º 6 (2010), p. 511-518.

SCIUBBA, E.; ULGIATI, S. - Emergy and exergy analyses: Complementary methods or irreducible ideological options? Energy. ISSN 0360-5442. Vol. 30, n.º 10 (2005), p. 1953-1988.

SEIFRITZ, W. - An endogenous technological learning formulation for fossil fuel resources. International Journal of Hydrogen Energy. ISSN 0360-3199. Vol. 28, n.º 11 (2003), p. 1293-1298.

SHAFIEE, SHAHRIAR; TOPAL, ERKAN - When will fossil fuel reserves be diminished? Energy Policy. ISSN 0301-4215. Vol. 37, n.º 1 (2009), p. 181-189.

SHRIBERG, MICHAEL - Institutional assessment tools for sustainability in higher education: strengths, weaknesses, and implications for practice and theory. High Education Policy. ISSN 0952-8733. Vol. 15, n.º 2 (2002).

SICHE, R.; PEREIRA, L.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E. - Convergence of ecological footprint and energy analysis as a sustainability indicator of countries: Peru as case study. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. ISSN 1007-5704. Vol. 15, n.º 10 (2010), p. 3182-3192.

SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL, - Social Accountability 8000. New York, 2008.

SÖLLNER, FRITZ - A reexamination of the role of thermodynamics for environmental economics. Ecological Economics. ISSN 0921-8009. Vol. 22, n.º 3 (1997), p. 175-201.

SOLOW, R. M. - Intergenerational Equity and Exhaustible Resources. The Review of Economic Studies. ISSN 00346527. Vol. 41 (1974), p. 29-45.

SORRELL, S. [et al.] - Shaping the global oil peak: A review of the evidence on field sizes, reserve growth, decline rates and depletion rates. Energy. ISSN 0360-5442. Vol. 37, n.º 1 (2012), p. 709-724.

SRINIVASAN, R. S.; BRAHAM, W. W.; CAMPBELL, D. E.; CURCIJA, C. D. - Re(De)fining Net Zero Energy: Renewable Energy Balance in environmental building design. Building and Environment. ISSN 0360-1323. Vol. 47 (2012), p. 300-315.

STEGE, ULRICH - Environmental management systems: empirical evidence and further perspectives. European Management Journal. ISSN 0263-2373. Vol. 18, n.º 1 (2000), p. 23-37.

STENSETH, N. C. - Analysis and management of animal populations - Modeling, estimation, and decision making. Science. ISSN 0036-8075. Vol. 298, n.º 5592 (2002), p. 367-368.

STERN, DAVID I. - The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. World Development. ISSN 0305-750X. Vol. 32, n.º 8 (2004), p. 1419-1439.

STERN, DAVID I.; COMMON, MICHAEL S.; BARBIER, EDWARD B. - Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development. World Development. ISSN 0305-750X. Vol. 24, n.º 7 (1996), p. 1151-1160.

STEWART, ALICE C. ; CARPENTER-HUBIN, JULIE - The Balanced Scorecard - Beyond Reports and Rankings. Planning for Higher Education. ISSN 0736-0983. Vol. 29, n.º 2 (2001), p. 37-42.

SUI, C. - Energy analysis of Guangzhou and Shanghai Urban Ecosystem. Urban Environment and Urban Ecology. n.º 4 (2006), p. 1-3.

Swansea Declaration. 1993. [Consult. 12-06-2010]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.iisd.org/educate/declarat/swansea.htm>>.

Emergy Synthesis 4: Proceeding of the 4th Biennial Emergy Research Conference, Gainesville, 2007, Creation of a Global Emergy Database for Standardized National Emergy Synthesis. City 2007.

Talloires Declaration. - [em linha]. (1990). [Consult. 12-06-2010]. Disponível na internet:<URL:http://ulsf.org/programs_talloires_td.html>.

TAN, LEE PENG - Implementing ISO 14001: is it beneficial for firms in newly industrialized Malaysia? Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 13, n.º 4 (2005), p. 397-404.

Text of the American College & University Presidents' Climate Commitment. 2007. Disponível em WWW:<URL:<http://www.presidentsclimatecommitment.org/about/commitment>>.

THE ALLIANCE TO SAVE ENERGY. - The Alliance to Save Energy - Green Campus Program Website [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://ase.org/content/article/detail/3037>>. Acedido em 05-02-2010

THE PRINCETON REVIEW INC - The Princeton Review's Guide to 286 Green Colleges. The Princeton Review, 2010.

THE UNIVERSITY OF MELBOURNE, . - University of Melbourne Webpage [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://sustainablecampus.unimelb.edu.au/ems/iso14001.html>>. Acedido em

TILLEY, D. R.; COMAR, V. - Energy-based simulation to assess Brazil's long-term carrying capacity: Environment, electricity and population. Population and Environment. ISSN 0199-0039. Vol. 27, n.º 3 (2006), p. 307-326.

TSAI, WEN-HSIEN; CHOU, WEN-CHIN - Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. Expert Systems with Applications. ISSN 0957-4174. Vol. 36, n.º 2, Part 1 (2009), p. 1444-1458.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. - Emery evaluations and environmental loading of electricity production systems. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 10, n.º 4 (2002), p. 321-334.

UNITED NATIONS. - World Population to 2300. New York: United Nations, 2004.

UNIVERSITY OF FLORIDA. - National Environmental Accounting Database [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:http://sahel.ees.ufl.edu/frame_database_resources_test.php?search_type=basic&country=PRT>. Acedido em 04-04-2012

UNIVERSITY OF GLAMORGAN. - University of Glamorgan Webpage [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://profile.glam.ac.uk/policy/environment/>>. Acedido em 25-03-2011

USGBC - LEED Building Certification Program WebSite [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.usgbc.org/>>. Acedido em 12-06-2011

VALIANCE, S.; PERKINS, H. C.; DIXON, J. E. - What is social sustainability? A clarification of concepts. Geoforum. ISSN 0016-7185. Vol. 42, n.º 3 (2011), p. 342-348.

VELAZQUEZ, L.; MUNGUIA, N.; PLATT, A.; TADDEI, J. - Sustainable university: what can be the matter? Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 14, n.º 9-11 (2006), p. 810-819.

VELEVA, VESELA; ELLENBECKER, MICHAEL - Indicators of sustainable production: framework and methodology. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 9, n.º 6 (2001), p. 519-549.

VEZIROGLU, T. N.; SAHIN, S. - 21st Century's energy: Hydrogen energy system. Energy conversion and management. Vol. 49, n.º 7 (2008), p. 1820-1831.

VIEBAHN, P. - An environmental management model for universities: from environmental guidelines to staff involvement. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 10, n.º 1 (2002), p. 3-12.

VILA, M.; COSTA, G.; ROVIRA, X. - The creation and use of scorecards in tourism planning: A Spanish example. Tourism Management. ISSN 0261-5177. Vol. 31, n.º 2 (2010), p. 232-239.

WBCSD.; IIED. - THE MINING, MINERALS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROJECT. 2002. ISBN 1-85383-907-8

WILKINSON, G.; DALE, B.G. - Integrated management systems: an examination of the concept and theory. The TQM Magazine. ISSN 0954-478X. Vol. 11, n.º 2 (1999), p. 95-104.

YANG, Z. F.; LIU, G. Y.; CHEN, B.; ULGIATI, S. - Emergy-based urban health evaluation and development pattern analysis. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 220, n.º 18 (2009a), p. 2291-2301.

YANG, Z. F. [et al.] - Comparison of typical mega cities in China using emergy synthesis. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. ISSN 1007-5704. Vol. 14, n.º 6 (2009b), p. 2827-2836.

YANG, Z. F.; ZHANG, Y.; YU, X. Y. - Evaluation of urban metabolism based on emergy synthesis: A case study for Beijing (China). Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 220, n.º 13-14 (2009c), p. 1690-1696.

ZELMAN, W. N. [et al.] - Issues for academic health centers to consider before implementing a balanced-scorecard effort. Academic Medicine. ISSN 1040-2446. Vol. 74, n.º 12 (1999), p. 1269-1277.

ZENG, S. X.; SHI, JONATHAN J.; LOU, G. X. - A synergetic model for implementing an integrated management system: an empirical study in China. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 15, n.º 18 (2007), p. 1760-1767.

ZENG, S. X.; TAM, C. M.; TAM, VIVIAN W. Y.; DENG, Z. M. - Towards implementation of ISO 14001 environmental management systems in selected industries in China. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 13, n.º 7 (2005a), p. 645-656.

ZENG, S.X.; TIAN, P.; SHI, JONATHAN J. - Implementing integration of ISO 9001 and ISO 14001 for construction. Managerial Auditing Journal. Vol. 20, n.º 4 (2005b), p. 394 - 407

ZHANG, B. [et al.] - How to guide a sustainable industrial economy: Emergy account for resources input of Chinese industry. Procedia Environmental Sciences. ISSN 1878-0296. Vol. 5, n.º 0 (2011), p. 51-59.

ZHANG, G. J.; LONG, W. D. - A key review on emergy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. Energy Policy. ISSN 0301-4215. Vol. 38, n.º 6 (2010), p. 2948-2955.

ZHANG, L. X.; SONG, B.; CHEN, B. - Emergy-based analysis of four farming systems: insight into agricultural diversification in rural China. Journal of Cleaner Production. ISSN 0959-6526. Vol. 28, n.º 0 (2012), p. 33-44.

ZHAO, S.; LI, Z. Z.; LI, W. L. - A modified method of ecological footprint calculation and its application. Ecological Modelling. ISSN 0304-3800. Vol. 185, n.º 1 (2005), p. 65-75.

ANEXO I. POLITICA PARA A SUSTENTABILIDADE

Universidade de Aveiro

Introdução

A Universidade de Aveiro (UA) promove, desde 1973, a excelência do ensino nas mais diversas áreas. A UA construiu, ao longo dos anos, a imagem de uma Instituição moderna, assente em princípios de inovação, qualidade de investigação e relacionamento com a sociedade.

O Campus Universitário de Santiago, que vem recebendo elogios nacionais e internacionais, é resultado de uma visão com mais de três décadas, a visão de um Campus Exemplar:

- Na sua configuração e combinação de espaços, exteriores e interiores, proporcionando um ambiente adequado para a atividade da Universidade, e uma interação sem barreiras, de osmose entre a Universidade e a região.
- Do ponto de vista ambiental, com elevados níveis de eficiência energética, de gestão da água e de resíduos, e de valorização da biodiversidade e do meio em que se insere.
- No apoio aos estudantes e restantes membros da comunidade universitária no que se refere à saúde, ao desporto e a outros aspetos sociais.
- Em termos de inserção dos membros da nossa comunidade com especiais limitações, garantindo uma acessibilidade, não apenas física, às instalações, mas sobretudo aos serviços disponibilizados e a todas as atividades aqui desenvolvidas, numa lógica de plena inclusão.
- Na criação de dinâmicas culturais e de divulgação científica, colocando ao dispor da cidade, da região e do país, a multiplicidade de valências aqui disponíveis, das ciências e engenharias às artes e humanidades.
- E, sobretudo, no que concerne às atitudes: promovendo a reflexão crítica sobre os desafios que enfrentamos e as opções que despontam; fomentando a inovação e o empreendedorismo, económico e social; contribuindo para formar futuros trabalhadores, futuros quadros e futuros empregadores; dando resposta a quem já se encontra na vida ativa e procura formações mais especializadas; abrindo portas aos que não tiveram em devido tempo, por variadas razões, acesso a formação superior.

Motivação

Numa época de óbvias preocupações sociais, económicas e ambientais, a UA considera o conceito de Desenvolvimento Sustentável essencial no desempenho das suas atividades como instituições do Ensino Superior, e na prossecução da sua visão de um Campus Exemplar, fundamentalmente por dois motivos:

- As Universidades desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de conhecimento e tecnologias sustentáveis. A responsabilidade de educar gerações futuras de cidadãos e profissionais deve ser encarada como uma oportunidade extraordinária para alterar o paradigma do desenvolvimento económico atual;
- Às Universidades está reservada, de igual modo, a responsabilidade de “liderar pelo exemplo”, promovendo, nas suas próprias instalações, atividades e operações o conceito de sustentabilidade.

Declaração da Política

Deste modo, a UA compromete-se a promover e implementar uma Política para a Sustentabilidade, adotando uma estratégia assente em quatro áreas de intervenção: Gestão; Operação; Educação & Investigação; Comunicação & Cooperação.

1. Gestão

A Universidade de Aveiro compromete-se a:

- Criar uma estrutura responsável pela implementação de práticas sustentáveis na Universidade de Aveiro
- Criar um Plano Anual para a Sustentabilidade.
- Publicar e rever periodicamente a Política para a Sustentabilidade.
- Desenvolver relatórios de progresso em relação à implementação de práticas sustentáveis.

2. Operação

A Universidade de Aveiro compromete-se a:

- Minimizar o impacto ambiental decorrente do consumo de água e energia nos seus edifícios.
- Promover a gestão eficiente de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) no seu Campus Universitário.
- Reconhecer a importância da mobilidade e transporte da comunidade académica para o Campus Universitário, fomentando o uso de meios de transporte alternativos à utilização individual do automóvel.

3. Educação & Investigação

A Universidade de Aveiro:

- Reconhece a importância de desenvolver licenciados com valores, conhecimentos e disposição necessárias para abordar a agenda sustentável como profissionais e cidadãos.
- Reconhece a necessidade dos estudantes compreenderem a natureza interdisciplinar do conceito de desenvolvimento sustentável.
- Encoraja todos os cursos a considerar a inclusão do conceito de desenvolvimento sustentável nos seus *curricula* e utilizar oportunidades de ensino e investigação proporcionadas pelas atividades sustentáveis do campus e da comunidade.

4. Comunicação & Cooperação

A Universidade de Aveiro:

- Reconhece o seu papel e responsabilidade na replicação da sua agenda para a Sustentabilidade para uma escala mais alargada – a região onde se insere a Universidade.
- Procura oportunidades de participar em parcerias e colaborações com outras instituições de ensino superior, nacionais e internacionais, no sentido de partilhar conhecimento e experiência na implementação de práticas sustentáveis e exemplares.
- Compreende a importância de uma política de comunicação aberta, efetiva e inclusiva para a implementação de uma cultura de sustentabilidade.

Os princípios presentes nesta declaração serão traduzidos em ações através do desenvolvimento de um Plano Anual para a Sustentabilidade, aprovado pela Reitoria.

Este documento deve ser revisto e atualizado com uma periodicidade de 4 anos.

ANEXO II. CÁLCULO DOS FLUXOS DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO

Recursos Renováveis

1) Energia Solar

	Referência
Radiação solar incidente = (Área Campus) × (Intensidade Radiação)	[1]
Área Campus Universitário Santiago = 515000 m ²	
Intensidade Radiação solar = 1700 kWh/m ² .ano	[2]
Radiação solar incidente (J) = 515000 m ² × 1700 $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot \text{ano}\right) \times 3,6\text{E}06 \text{ (J/kWh)}$	
Radiação solar incidente = 5,65E20 J	

Bens e Serviços

2) Gás Natural

			Referência
Gás Natural = 1,13E04 J			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade Gas Natural1 =8,50E04 sej/J	[3]	15,83E24	7,73E04 sej/J
Transformidade Gas Natural2 =1,78E05 sej/J	[4]	15,83E24	1,71E05 sej/J
Transformidade Gas Natural3 =4,00E04 sej/J	[5]	9,26E24	6,57E04 sej/J
Transformidade = 1,05E05 sej/J			

3) Eletricidade

			Referência
Eletricidade = 4,90E13 J			
Fator de conversão SGCI = 2,15E-4 tep/kWh = 9,00E9 J/kWh			
Transformidade do Petróleo = 1,09E5 sej/J			Calculado no Anexo III
$\text{Transformidade}_{\text{Elet}} = 9,00E9 \frac{\text{J}}{\text{kWh}} \times 1,09E5 \frac{\text{sej}}{\text{J}} \times \frac{1}{3,6E9} \frac{\text{kWh}}{\text{J}} = 2,73E5 \frac{\text{sej}}{\text{J}}$			

4) Água

			Referência
Eletricidade = 1,48E12 J			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade =3,95E05 sej/J	[6]	15,83E24	3,79E05 sej/J

5) Edifícios

			Referência
Área construída = 154807 m2			[7]
Volume construído = 4,76E05 m³			
Anos de vida do edifício = 50 anos			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade =2,05E13 sej/m³.ano	[8]	15,83E24	1,03E15 sej/m³

6) Bens

Referência			
Bens consumidos = 1,14E07 €			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade =3,64E12 sej/€	Calculado no Anexo II	15,24E24	3,64E12 sej/€

7) Serviços

Referência			
Serviços contratados = 1,60E07 €			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade =3,64E12 sej/€	Calculado no Anexo II	15,24E24	3,64E12 sej/€

8) Outras despesas

Referência			
Outras despesas = 1,23E07 €			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade =3,64E12 sej/€	Calculado Anexo II	15,24E24	3,64E12 sej/€

9) Funcionários Não Docentes

Referência			
Salários = 9,93E06 €			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade =3,64E12 sej/€	Calculado Anexo II	15,24E24	3,64E12 sej/€

Informação

10) Estudantes

	Referência		
Alunos 1ª matrícula= 5166			
Alunos com outro nº de matrículas = 9540			
Alunos diplomados = 3013			
Nº médio de alunos = 1ª matrícula + outras matrículas – diplomados			
Nº médio de alunos = 12682			
Taxa metabólica = 120 kcal/h			[9]
Energia alunos (J) = alunos × taxa metabólica × nº de horas na universidade			[9]
Energia alunos (J) = $12682 \times 120 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 4186 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times \frac{8\text{h}}{\text{dia}} \times 235 \text{ dias} = 1,20\text{E}13 \text{ J}$			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 1,30E08 sej/J	Calculado Anexo III	15,24E24	1,30E08 sej/J

11) Docentes

	Referência		
Professores Doutorados = 676			
Professores N/ Doutorados = 352			
Taxa metabólica = 120 kcal/h			[9]
Carga letiva = 10h/semana			[10]
Número de horas leçãoção = 10h/semana x 26 semanas/ano = 260h/ano			[10]
Número de dias de trabalho = 235 dias/ano			[9]
% de tempo para investigação = 30 %			[10]
% de tempo para prestação de serviços = 2%			
% de tempo para leçãoção = $260\text{h} / (8\text{h}/\text{dia} \times 235\text{dias}/\text{ano}) = 13,8\%$			
% de tempo outras atividades = 5%			
% de tempo para outras atividades pedagógicas = $100\% - (30\% + 2\% + 13,8\% + 5\%) = 49,2\%$			
Energia total professores (J) = professores × taxa metabólica × nº de horas			[9]
Energia total Doutorados (J) = $676 \times 120 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 4186 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times \frac{8\text{h}}{\text{dia}} \times 235 \text{ dias} = 6,38\text{E}11 \text{ J}$			
Energia total N/Doutorados (J) = $352 \times 120 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 4186 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times \frac{8\text{h}}{\text{dia}} \times 235 \text{ dias} = 3,32\text{E}11 \text{ J}$			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade _{Doutorados} = 9,54E09 sej/J	Calculado Anexo III	15,24E24	9,54E09 sej/J
Transformidade _{N/Doutorados} = 1,75E08 sej/J	Anexo III	15,24E24	1,75E09 sej/J

12) Investigadores

	Referência		
Número de Investigadores = 118			
Taxa metabólica = 120 kcal/h			[9]
Energia investigadores (J) = investigadores × taxa metabólica × nº de horas			[9]
Energia investigadores (J) = $118 \times 120 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 4186 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times \frac{8\text{h}}{\text{dia}} \times 235 \text{ dias} = 1,11\text{E}11 \text{ J}$			
	Referência	Baseline Energia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 9,54E09 sej/J	Calculado Anexo III	15,24E24	= 9,54E09 sej/J

REFERÊNCIAS

1. Odum, H.T., *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making* 1996, New York: John Wiley & Sons. 384.
2. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Emergy Analysis and Environmental Accounting*, in *Encyclopedia of Emergy*, J.C. Editor-in-Chief: Cutler, Editor 2004, Elsevier: New York. p. 329-354.
3. Odum, H.T., M.T. Brown, and S. Brandt-Williams, *Folio #1 - Introduction and Global Budget*, in *Handbook of Emergy Evaluation - A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios*, U.o. Florida, Editor 2000.
4. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Updated evaluation of exergy and emergy driving the geobiosphere: A review and refinement of the emergy baseline*. Ecological Modelling, 2010. **221**(20): p. 2501-2508.
5. Bastianoni, S.B., et al., *The solar transformity of oil and petroleum natural gas*. Ecological Modelling, 2005. **186**(2): p. 212-220.
6. Tezzi, E., *Implementazione di un sistema di Contabilità Ambientale su scala provinciale e intercomunale*, in *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi* 2001, Università degli Studi di Siena.
7. Curado, M.A., *A Eficiência Energética dos Edifícios - Uma estratégia para a Universidade de Aveiro*, in *Secção Autónoma de Ciências Sociais, Jurídicas e Políticas* 2003, Universidade de Aveiro.
8. Pulselli, R.M., et al., *Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability*. Energy and Buildings, 2007. **39**(5): p. 620-628.
9. Meillaud, F., J.B. Gay, and M.T. Brown, *Evaluation of a building using the emergy method*. Solar Energy, 2005. **79**(2): p. 204-212.
10. Abrantes, P., et al., *Estudo sobre a avaliação dos docentes do ensino superior: Desenvolvimento de instrumentos de avaliação de desempenho*, 1999, Direcção Geral do Ensino Superior.

ANEXO III. ANÁLISE EMERGÉTICA DE PORTUGAL

1. DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ÂMBITO

A análise emergética será aplicada a Portugal, com o objetivo de contabilizar o orçamento total de energia utilizada e permitindo desse modo calcular a transformidade dos seus cidadãos (de acordo com o nível de escolaridade) e o rácio energia/dinheiro da economia portuguesa. A não satisfação de critérios de qualidade da informação na análise emergética da UA redundou na necessidade desta análise emergética.

Esta análise centrar-se-á na área geográfica de Portugal Continental e arquipélago da Madeira e Açores, definindo assim, geograficamente, a fronteira do sistema.

2. DIAGRAMA DO SISTEMA E RECOLHA DE DADOS – PORTUGAL

A Eq AIII - 1 representa o diagrama-tipo utilizado para caracterizar emergeticamente uma economia nacional. Com base neste diagrama foi elaborado a tabela emergética e os dados relativos aos fluxos de entrada e respetivas transformidades. A informação recolhida obedece aos critérios de qualidade definidos. Importa realçar que os bens importados e exportados foram avaliados exclusivamente utilizando o seu valor monetário. Por outro lado, as exportações de bens e serviços foram transformados em energia utilizando o rácio energia/dinheiro da economia global no ano 2007 calculado por Brown e Ulgiati (2011).

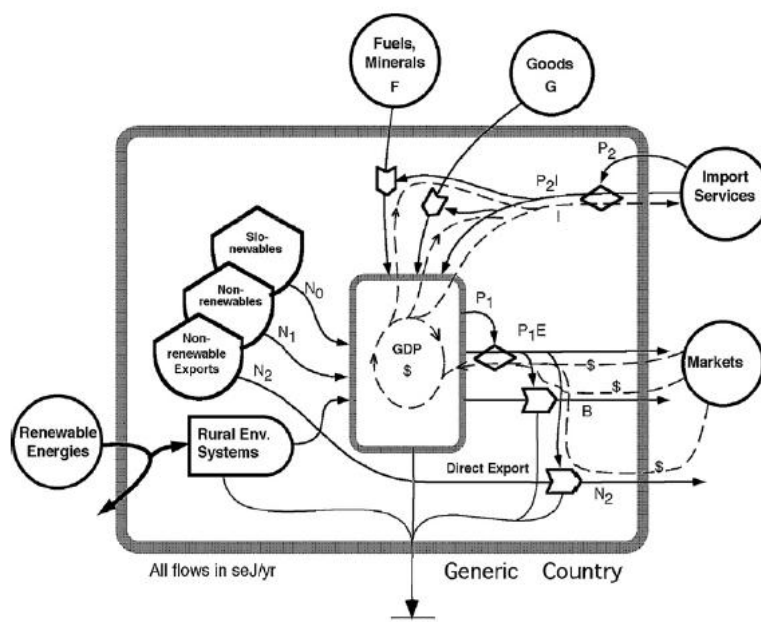


FIGURA AIII - 1. DIAGRAMA DE ENERGIA TÍPICO DE UM PAÍS (BROWN ET AL., 2009).

Tal como na análise emergética da UA, os valores de Transformidade utilizados foram normalizados para um “orçamento” anual de energia relativo à geo/biosfera do planeta de $15,2E24$ sej (BROWN e ULGIATI, 2010). Ou seja, os valores de transformidade recolhidos na bibliografia e calculados com base noutra orçamento foram convertidos para esta base de cálculo - Tabela V - 1.

Em relação aos critérios de qualidade da informação a recolher importa definir:

- O ano 2007 representa a *baseline* para a recolha da informação dos fluxos de entrada no sistema alvo de análise.
- Os valores de transformidade que demonstrem dependência em relação à janela temporal e/ou geográfica em que são calculados, devem aproximar-se o mais possível ao ano base da análise e/ou à área geográfica referentes à análise emergética em causa.
- Os valores de transformidade recolhidos na bibliografia foram referenciados, tal como o valor do orçamento emergético anual da geo/biosfera utilizado no seu cálculo.
- A análise emergética é efetuada a um sistema específico (Portugal), pelo que o tipo de incerteza “Cenário” não se coloca. As fontes de incerteza nesta análise emergética centram-se nos parâmetros “Transformidade”, pelo que, quando apropriado, as variâncias das transformidades relativas a cada fluxo de entrada foram calculadas Figura V - 5.

A tabela emergética (Tabela AIII - 3 e Tabela AIII - 4) apresenta os fluxos de energia que ocorrem na economia portuguesa e que estão mais sinteticamente representados na Figura AIII - 1. A informação necessária para caracterizar cada fluxo de entrada, respetiva transformidade e consequente valor emergético são apresentados no Anexo III deste capítulo.

3. ANÁLISE DE INCERTEZA

A existência de diferentes valores de transformidade na bibliografia para alguns fluxos de entrada introduzem na avaliação emergética uma fonte de incerteza que deve ser contabilizada. Nestes casos, as transformidades estão listadas no Anexo III e são as suas médias e respetivas variâncias que se inserem nas e Tabela AIII - 3 e Tabela AIII - 4. O cálculo da propagação da incerteza é efetuado recorrendo ao Método de Taylor, tal como descrito no Capítulo IV e na Figura V - 5.

Considerando o PIB como um fluxo de saída da economia portuguesa, e porque se pretende calcular o rácio energia/dinheiro da economia portuguesa (não é mais do que a transformidade do dinheiro “português”), apresenta-se de seguida o cálculo da incerteza para a dita transformidade.

A inexistência de valores médios para os fluxos de entrada e fluxo de saída (PIB) no sistema permite simplificar a Eq. IV-6, obtendo assim:

$$u^2(Tr) = \left(\frac{E_1}{E}\right)^2 \times u^2(Tr_1) + \left(\frac{E_2}{E}\right)^2 \times u^2(Tr_2) + \dots + \left(\frac{E_n}{E}\right)^2 \times u^2(Tr_n) \quad \text{EQ AIII - 1}$$

Correspondendo: E_1, E_2, \dots, E_n aos valores correspondentes aos n fluxos de entrada (neste caso, $n=47$) contabilizados na Tabela Emergética; E ao valor do PIB da economia Portuguesa (1,69E11 € (EMAS, 2013)); e Tr_1, Tr_2, \dots, Tr_n os valores das transformidades utilizadas. A coluna “Coeficiente de Sensibilidade” da apresenta os valores de $(E_n/E)^2$ e que multiplicados pela variância da transformidade respetiva resulta nos valores da coluna “Propagação da Incerteza”. A incerteza associada ao cálculo do rácio Emergia/Dinheiro é então obtida pela soma dos valores da coluna “Propagação da Incerteza”. Retomando a (Eq.III - 3, o rácio Emergia/Dinheiro da economia portuguesa é calculado:

$$\text{Rácio} \frac{\text{Emergia}}{\text{Dinheiro}} = \frac{\text{Total Emergia Utilizada}}{\text{Produto Interno Bruto}} = \frac{6,19E23}{1,69E11} = 3,64E12 \text{ sej/€}$$

A incerteza do Rácio Emergia/Dinheiro é calculada utilizando a , e resulta na:

$$u^2(\text{Rácio Emergia/Dinheiro}) = 6,92E22 \text{ (sej/€)}^2$$

Traduzindo os resultados obtidos, é possível afirmar, de acordo com os pressupostos assumidos, que o Ratio Emergia/Dinheiro da economia portuguesa é igual a 3,64E12 sej/€ \pm 7%. Do mesmo modo, as transformidades da contribuição energética dos cidadãos portugueses de acordo com o seu nível de escolaridade, e que foram calculadas de acordo com a Eq AIII - 1, apresentam uma incerteza idêntica.

4. ÍNDICES DE AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

Utilizando a informação recolhida para o preenchimento das Tabela AIII - 3 e Tabela AIII - 4, é possível caracterizar os fluxos emergéticos representados na Figura AIII - 1 assim calcular vários índices de avaliação, nomeadamente aqueles que tradicionalmente se calculam na análise emergética de economias nacionais (SWEENEY *et al.*, 2007). As Tabela AIII - 1 e Tabela AIII - 2 apresentam os valores dos principais fluxos e índices emergéticos da economia portuguesa.

De acordo com o objetivo e âmbito desta análise, pretende-se, fundamentalmente, calcular:

- O Rácio Emergia/Dinheiro da economia portuguesa.
- A Transformidade de alunos universitários, licenciados e doutorados em Portugal.

O Rácio Energia/Dinheiro foi calculado no ponto anterior e encontra-se também na Tabela AIII - 1 (Fluxo P1). As transformidades dos cidadãos portugueses foram calculadas de acordo com o método proposto por Odum (1996), e que se baseia na divisão da energia total utilizada numa economia pela energia despendida pelos cidadãos com uma certo nível de escolaridade (Eq. V - 2). O número de indivíduos com o nível secundário completo, com licenciatura e com doutoramento residentes em Portugal foi obtido através de dados estatísticos do Instituto Nacional de Estatística para o ano 2007. A energia utilizada na economia portuguesa foi calculada neste trabalho, e é um dos índices energéticos (U) apresentados na Tabela AIII - 2. A energia despendida por pessoa ao longo de um ano foi estimada por Odum (1996):

$$\begin{aligned} \text{Energia por pessoa} &= 2500 \frac{\text{kcal}}{\text{dia}} \times 365 \text{ dias} \times 4186 \frac{\text{J}}{\text{kcal}} = \\ &= 3,82E09 \text{ J/pessoa} \end{aligned} \quad \text{EQ AIII - 2}$$

Utilizando a (Eq. V - 2), obtém-se:

$$Tr_{Universitário} = \frac{6,19E23 \left[\frac{\text{sej}}{\text{ano}} \right]}{1,25E06 \times 3,82E09 \left[\frac{\text{J}}{\text{pessoa.ano}} \right]} = 1,30E08 \text{ sej/J}$$

$$Tr_{Licenciado} = \frac{6,19E23 \left[\frac{\text{sej}}{\text{ano}} \right]}{9,28E05 \times 3,82E09 \left[\frac{\text{J}}{\text{pessoa.ano}} \right]} = 1,75E08 \text{ sej/J}$$

$$Tr_{Doutorado} = \frac{6,19E23 \left[\frac{\text{sej}}{\text{ano}} \right]}{1,7E04 \times 3,82E09 \left[\frac{\text{J}}{\text{pessoa.ano}} \right]} = 9,54E09 \text{ sej/J}$$

O Rácio Energia/Dinheiro e as transformidades dos níveis de escolaridade e respetivas variâncias foram utilizadas na análise emergética ao sistema da Universidade de Aveiro.

TABELA AIII - 1. PRINCIPAIS FLUXOS DE ENERGIA NA ECONOMIA PORTUGUESA

Fluxo	Nome do Fluxo	Energia Solar (sej/ano)	Euros
R	Recursos Renováveis	4,09E+22	
N	Recursos Endógenos Não Renováveis	3,18E+23	
N0	Recursos Dispersos (pesca e floresta)	7,31E+21	
N1	Recursos Concentrados	2,83E+23	
N2	Exportação de Recursos Endógenos	2,84E+22	
F	Importação de Combustíveis e Minerais	1,25E+23	
G	Importação de Bens	7,47E+22	
I	Euros pagos pelas Importações		6,80E+10
P2I	Energia dos Serviços relativos aos bens e combustíveis importados	8,65E+22	
E	Euros recebidos pelas Exportações		5,45E+10
P1E	Valor Emergética dos Bens e Serviços Exportados	3,92E+22	
X	Produto Interno Bruto €		1,69E+11
P2	Rácio Energia/€ da economia mundial	1,27E+12	
P1	Rácio Energia/€ da economia nacional	3,64E+12	

TABELA AIII - 2. PRINCIPAIS ÍNDICES EMERGÉTICOS NA ECONOMIA PORTUGUESA

Nome do Índice	Expressão	Valor	Unidade
Fluxo de Energia Importada	$F+G+P2I$	2,86E+23	Sej
Total de fluxos de entrada de energia	$R+N+F+G+P2I$	6,45E+23	Sej
Total energia utilizado (U)	$N0+N1+R+F+G+P2I$	6,17E+23	Sej
Energia exportada	$P1E$	3,92E+22	Sej
Fração da energia utilizada oriunda de recursos endógenos	$(N0+N1+R)/U$	0,54	-
Saldo Importação-Exportação	$(F+G+P2I)-(N2+B+P1E)$	2,19E+23	Sej
Rácio Exportação/Importação	$(N2+P1E)/(F+G+P2I)$	0,24	-
Fração Renovável	R/U	0,07	-
Fração Importada	$(F+G+P2I)/U$	0,46	-
Fração Serviços Importados	$P2I/U$	0,14	-
Fração gratuita	$(R+N0)/U$	0,08	-
Rácio Recursos dispersos/concentrados	$(F+G+P2I+N1)/(R+N0)$	11,80	-
Utilização de Energia por Área	$U/(área)$	6,68E+12	Sej/m ²
Utilização de Energia por pessoa	$U/população$	6,17E+16	Sej/pessoa
Rácio de Investimento Emergético (EIR)	$(F+G+P2I)/(R+N0+N1)$	0,87	-
Rácio de Contribuição Emergética (EYR)	$U/(F+G+P2I)$	2,16	-
Rácio de Carga Ambiental (ELR)	$(U-R)/R$	14,79	-
Índice de Sustentabilidade Emergética (EmSI)	EYR/ELR	0,15	-

TABELA AIII - 3. FLUXOS DE ENERGIA DA ECONOMIA PORTUGUESA NO ANO 2007.

Número	Fluxo de Entrada		Transformidade		Coeficiente de sensibilidade	Propagação da Incerteza	Emergia (sej)	Emvalor (Em€)
	Nome (unidade)	Valor	Valor (sej/unid)	Variância				
Fluxos de Entrada Renováveis (R)								
1	Sol (J)	5,65E+20	1,00E+00	0,00E+00	1,12E+19	0,00E+00	5,65E+20	3,36E+09
2	Chuva (química) (J)	1,66E+17	3,06E+04	0,00E+00	9,63E+11	0,00E+00	5,08E+21	3,02E+10
3	Chuva (geopotencial) (J)	4,24E+16	1,76E+04	0,00E+00	6,26E+10	0,00E+00	7,46E+20	4,43E+09
4	Vento (J)	5,40E+16	2,45E+03	0,00E+00	1,02E+11	0,00E+00	1,32E+20	7,85E+08
5	Ondas (J)	8,35E+17	5,14E+04	0,00E+00	2,43E+13	0,00E+00	4,29E+22	2,55E+11
6	Marés (J)	2,31E+17	7,39E+04	0,00E+00	1,86E+12	0,00E+00	1,71E+22	1,01E+11
7	Ciclo da Terra (J)	1,34E+17	1,20E+04	0,00E+00	6,26E+11	0,00E+00	1,61E+21	9,54E+09
Produção Endógena (N ₀)								
8	Produção Piscícola (J)	5,77E+14	6,91E+06	0,00E+00	1,16E+07	0,00E+00	3,98E+21	2,36E+10
9	Madeira e derivados (J)	6,52E+16	4,72E+04	1,67E+08	1,48E+11	2,49E+19	3,08E+21	1,83E+10
Recursos Endógenos Não Renováveis (N ₁)								
10	Minerais N/metálicos (g)	9,64E+13	2,71E+09	0,00E+00	3,24E+05	0,00E+00	2,61E+23	1,55E+12
	Nitrogénio (g)	6,67E+10	6,75E+09	0,00E+00	1,55E-01	0,00E+00	4,50E+20	2,67E+09
	Fosfatos (g)	6,39E+10	9,42E+09	2,29E+19	1,42E-01	3,25E+18	6,02E+20	3,57E+09
11	Cobre (g)	3,94E+11	5,26E+10	4,89E+21	5,41E+00	2,64E+22	2,07E+22	1,23E+11
	Estanho (g)	5,60E+07	1,68E+11	8,09E+22	1,09E-07	8,85E+15	9,43E+18	5,60E+07
	Tungsténio (g)	1,46E+09	1,68E+11	8,09E+22	7,39E-05	5,99E+18	2,45E+20	1,46E+09
	Zinco (g)	4,99E+10	3,87E+10	2,58E+21	8,69E-02	2,25E+20	1,93E+21	1,15E+10
	Outros (g)	1,50E+07	1,68E+11	8,09E+22	7,85E-09	6,35E+14	2,53E+18	1,50E+07

TABELA AIII - 4. FLUXOS DE EMERGIA DA ECONOMIA PORTUGUESA NO ANO 2007 (CONTINUAÇÃO).

Número	Fluxo de Entrada		Transformidade		Coeficiente de sensibilidade	Propagação da Incerteza	Emergia (sej)	Emvalor (Em€)
	Nome (unidade)	Valor	Valor (sej/unid)	Variância				
Recursos Importados (F, G e P2I)								
12	Gas Natural (J)	2,16E+17	1,05E+05	3,34E+09	1,63E+12	5,45E+21	2,26E+22	1,34E+11
	Derivados de Petróleo (J)	1,48E+17	1,08E+05	1,17E+09	7,64E+11	8,90E+20	1,60E+22	9,49E+10
	Petróleo (J)	5,16E+17	1,09E+05	8,49E+05	9,30E+12	7,90E+18	5,61E+22	3,33E+11
	Carvão (J)	1,22E+17	7,17E+04	3,33E+08	5,23E+11	1,74E+20	8,78E+21	5,21E+10
	Eletricidade (J)	7,52E+16	1,87E+05	5,68E+09	1,98E+11	1,12E+21	1,41E+22	8,35E+10
13	Ferro	5,40E+07	7,56E+09	4,69E+19	1,02E-07	4,78E+12	4,08E+17	2,42E+06
	Zinco	1,00E+07	3,87E+10	2,58E+21	3,49E-09	9,01E+12	3,87E+17	2,29E+06
	Outros	1,16E+10	1,68E+11	8,09E+22	4,72E-03	3,82E+20	1,96E+21	1,16E+10
14	Minerais N/metálicos (g)	1,77E+12	2,71E+09	0,00E+00	1,09E+02	0,00E+00	4,79E+21	2,84E+10
	Nitrogenio (g)	7,37E+10	6,75E+09	0,00E+00	1,90E-01	0,00E+00	4,97E+20	2,95E+09
	Fosfatos (g)	1,81E+10	9,55E+09	2,29E+19	1,14E-02	2,61E+17	1,73E+20	1,02E+09
	Potássio (g)	3,72E+10	2,80E+09	0,00E+00	4,82E-02	0,00E+00	1,04E+20	6,19E+08
15	Serviços (€)	9,30E+09	1,27E+12	0,00E+00	3,02E-03	0,00E+00	1,18E+22	7,01E+10
16	Bens (€)	5,87E+10	1,27E+12	0,00E+00	1,20E-01	0,00E+00	7,47E+22	4,43E+11
Recursos Exportados (B, N ₂ e P1E)								
17	Derivados de Petróleo	1,49E+17	1,08E+05	8,49E+05	7,73E+11	6,57E+17	1,61E+22	9,55E+10
18	Cobre	3,95E+11	5,26E+10	4,89E+21	5,45E+00	2,67E+22	2,08E+22	1,23E+11
	Estanho	5,00E+07	1,68E+11	8,09E+22	8,72E-08	7,06E+15	8,42E+18	5,00E+07
	Tungstênio	1,46E+09	1,68E+11	4,69E+19	7,44E-05	3,49E+15	2,46E+20	1,46E+09
	Ferro	3,53E+07	7,56E+09	2,58E+21	4,35E-08	1,12E+14	2,67E+17	1,58E+06
	Zinco	5,25E+10	3,87E+10	8,09E+22	9,62E-02	7,78E+21	2,03E+21	1,20E+10
	Outros	3,06E+08	1,68E+11	8,09E+22	3,27E-06	2,65E+17	5,16E+19	3,06E+08
19	Minerais N/ metálicos (g)	1,77E+12	2,71E+09	0,00E+00	1,09E+02	0,00E+00	4,79E+21	2,84E+10
	Nitrogenio (g)	4,19E+10	6,75E+09	0,00E+00	6,13E-02	0,00E+00	2,83E+20	1,68E+09
	Fosfatos (g)	1,45E+10	9,55E+09	2,29E+19	7,31E-03	1,67E+17	1,38E+20	8,20E+08
	Potassio (g)	1,17E+10	2,80E+09	0,00E+00	4,75E-03	0,00E+00	3,27E+19	1,94E+08
20	Serviços (€)	1,42E+10	3,64E+12	0,00E+00	6,99E-03	0,00E+00	5,16E+22	3,06E+11
21	Bens (€)	4,03E+10	3,64E+12	0,00E+00	5,68E-02	0,00E+00	1,47E+23	8,73E+11

ANEXO IV. CÁLCULO DOS FLUXOS DE PORTUGAL

Recursos Renováveis

1) Energia Solar

	Referência
Radiação solar incidente = (Área Portugal) × (Intensidade Radiação)	[1]
Área Portugal = 92389 km ²	[2]
Intensidade Radiação solar = 1700 kWh/m ² .ano	[3]
Radiação solar incidente (J) = 92389E6 m ² × 1700 $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot \text{ano}\right) \times 3,6\text{E}06 \text{ (J/kWh)}$	
Radiação solar incidente = 5,65E20 J	

2) Chuva – Energia Química

	Referência
Energia Q Chuva = Área Continental x (Precipitação - <i>Runoff</i>) x E_{gibbs} x Densidade H ₂ O	[1]
Área Portugal = 92389 km ²	[2]
Precipitação média = 525 mm	[4]
Runoff = 0,3*525 mm = 0,156 mm	[5]
Energia Q Chuva (J) = 92389E6 m ² × (0,91 – 0,70)(m. ano) × 4,94E3 (J/g) × 1E06 (g/m ³)	
Energia Química da Chuva = 9,58E16 J	

	Referência	Baseline Energia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 3,05E04 sej/J	[6]	15,83E24	2,93E04 sej/J

3) Chuva – Energia Geopotencial

	Referência
Energia Geop = Área Continental x Runoff x Gravidade x Densidade H ₂ O X Elevação	[1]
Área Portugal = 92389 km ²	[2]
Precipitação média = 525 mm	[4]
Runoff = 0,156 mm	[5]

Elevação = 300 m

$$Energia\ Geop\ (J) = 9,24E10\ m^2 \times (0,91 - 0,70)\ (m.\ ano) \times 9,8\ (m/s^2) \times 300\ m \times 1E06\ (g/m^3)$$

$$Energia\ Geopotencial\ Chuva = 1,9E17\ J$$

	Referência	Baseline Energia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 4,70E04 sej/J	[6]	15,83E24	4,51E04 sej/J

4) Ondas

	Referência
Energia das ondas = linha de costa x Energia das ondas	[1]
Linha de costa = 1,19E3 km	[7]
Energia das ondas = 1,68E8 kcal/m.ano	[1]
Energia das Ondas (J) = 1,19E6 m × 1,68E8 (kcal. m ⁻¹ . ano ⁻¹) × 4186 (J/kcal)	
Energia das Ondas = 8,35E17 J	

	Referência	Baseline Energia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 5,10E04 sej/J	[6]	15,83E24	4,90E03 sej/J

5) Marés

	Referência
Energia das marés = [Área Plataforma Continental x amplitude da maré x gravidade x Densidade H ₂ O salgada x (nº de marés/2)]	[1]
Área plataforma continental = 2,80E4 km ²	[8]
Amplitude das marés = 1,5 m	[9]
Energia das Marés (J) = 2,80E10 m ² × 1,50 m × 9,8 (m/s ²) × 1000 kg/m ³ × 365	
Energia das Marés = 2,31E17 J	

	Referência	Baseline Energia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 7,39E04 sej/J	[6]	15,83E24	7,10E04 sej/J

6) Ciclo da Terra

	Referência
Energia do ciclo da terra = [Área Portugal x fluxo de calor]	[1]
Área Portugal = 92389 km ²	[2]
Fluxo de calor = 1,45E6 J/m ² .ano	[1]
Energia do ciclo da terra (J) = 92389 km ² × 1E6 m ² /km ² × 1,46E6 $\left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \cdot \text{ano}\right)$	[1]
Energia do ciclo da terra = 1,34E17 J	

	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 5,80E04 sej/J	[6]	15,83E24	5,57E04 sej/J

7) Hidroeletricidade

	Referência
Energia hidroelétrica = 1,03E10 kWh	[10]
Energia hidroelétrica (J) = 1,03E10 kWh × 3,6E6 J/kWh	

	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 3,36E05 sej/J	[1]	15,83E24	5,41E05 sej/J

8) Pesca

	Referência
Pesca = 1,38E5 ton	[2]
Conteúdo energético = 5 kcal/g x 0,8	[1]
Produção Piscícola (J) = 1,38E5 ton × 4,0E6 $\frac{\text{kcal}}{\text{ton}}$ × 4186 J/kcal	[1]
Produção Piscícola (J) = 5,77E14 J	

	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 3,36E06 sej/J	[1]	15,83E24	5,41E06 sej/J

9) Madeira

	Referência		
Abate de árvores = 1,08E7 ton			[2]
Conteúdo energético = 3,6 kcal/g x 0,8			[1]
Produção Florestal (J) = $1,08E7 \text{ ton} \times 2,08E6 \frac{\text{kcal}}{\text{ton}} \times 4186 \text{ J/kcal}$			[1]
Produção Florestal (J) = 6,52E16 J			
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade $_1 = 3,49E04 \text{ sej/J}$	[1]	9,44E24	5,62E04 sej/J
Transformidade $_2 = 3,80E9 \text{ sej/J}$	[11]	15,24E24	3,80E04 sej/J

Consumo de Recursos Endógenos Não Renováveis

10) Minerais e Nutrientes

	Referência		
Minerais = 9,64E13 g			[12]
Nitrogénio = 6,67E10 g			[12]
Fosfatos = 6,39E10 g			[12]
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade $_{\text{minerais n metálicos}} = 1,68E9 \text{ sej/g}$	[1]	9,44E24	2,71E09 sej/g
Transformidade $_{\text{nitrogénio}} = 4,19E9 \text{ sej/g}$	[1]	9,44E24	6,75E09 sej/g
Transformidade $_{\text{fosfatos1}} = 6,55E9 \text{ sej/g}$	[3]	15,83E24	6,29E09 sej/g
Transformidade $_{\text{fosfatos1}} = 1,28E10 \text{ sej/g}$	[13]	15,24E24	1,28E10 sej/g
		Transformidade $_{\text{Fosfatos}} =$	9,55E09 sej/g

11) Metais

	Referência		
Cobre = 3,94E11 g			[12]
Estanho = 5,60E07 g			[12]
Tungsténio = 1,46E09 g			[12]
Zinco = 4,99E10 g			[12]
Outros = 1,50E07 g			[12]
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade $_{\text{Cobre1}} = 3,23 \text{ E09 sej/g}$	[3]	15,83E24	3,10E09 sej/g
Transformidade $_{\text{Cobre2}} = 1,02 \text{ E11 sej/g}$	[11]	15,24E24	1,02E11 sej/g
		Transformidade $_{\text{Cobre}} =$	5,26E10 sej/g
Transformidade $_{\text{Zinco1}} = 7,46 \text{ E10 sej/g}$	[11]	15,24E24	7,46 E10 sej/g
Transformidade $_{\text{Zinco2}} = 1,69 \text{ E09 sej/g}$	[1]	9,44E24	2,71E09 sej/g

		Transformidade _{Zinco} =	3,87E10 sej/g
Transformidade _{Alumínio} = 5,73 E09 sej/g	[11]	15,24E24	5,73 E09 sej/g
Transformidade _{Chumbo} = 4,97E11 sej/g	[11]	15,24E24	4,97E11 sej/g
Transformidade _{Outros} = 1,69 E09 sej/g	[1]	9,44E24	2,71E09 sej/g
		Transformidade _{Outros} =	1,68E11 sej/g

Importação de Recursos

12) Combustíveis

	Referência		
Gás Natural = 2,16E17 J	[10]		
Derivados de Petróleo = 1,48E17 J	[10]		
Elettricidade = 7,52E16 J	[10]		
Carvão = 1,22E17 J	[10]		
Petróleo = 5,16E17 J	[10]		
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade Gas Natural =1,05E4 sej/J	Calculado	15,24E24	1,05E05 sej/J
Transformidade derivados de petróleo =6,58E4 sej/J	[14]	9,26E24	1,08E05 sej/J
Transformidade Electricidade1 =1,59E05 sej/J	[1]	9,26E24	2,56E05 sej/J
Transformidade Electricidade2 =1,11E05 sej/J	[3]	15,83E24	1,07E05 sej/J
Transformidade Electricidade3 =2,07E05 sej/J	[15]	15,83E24	1,99E05 sej/J
Transformidade _{Elettricidade} = 1,87E05 sej/J			
TransformidadePetróleo1 =5,30E4 sej/J	[1]	9,26E24	8,70E04 sej/J
Transformidade Petróleo2 =5,54E4 sej/J	[14]	9,26E24	9,09E04 sej/J
Transformidade Petróleo3 =1,48E5 sej/J	[16]	15,24E24	1,48E05 sej/J
Transformidade _{Petróleo} = 1,09E05 sej/J			
TransformidadeCarvão1 = 3,40E4 sej/J	[1]	9,44E24	5,47E04 sej/J
TransformidadeCarvão2 = 4,3E04 sej/J	[1]	9,44E24	6,92E04 sej/J
Transformidade Carvão3 =9,10E04 sej/J	[16]	15,24E24	9,10E04 sej/J
Transformidade _{Carvão} = 7,17E04 sej/J			

13) Metais

	Referência		
Metais = 1,17E10 g	[12]		
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade _{Ferro1} = 1,68E9 sej/g	[1]	9,44E24	2,71E9 sej/g
Transformidade _{Ferro2} = 1,24 E10 sej/g	[11]	15,24E24	1,24 E10 sej/g
	Transformidade _{Ferro} =		7,56E09 sej/J

14) Minerais

	Referência		
Minerais = 1,77E12 g	[12]		
Nitrogénio = 7,37E10 g	[12]		
Fosfatos = 1,81E10 g	[12]		
Potássio = 3,72E10 g	[12]		

15) Serviços

	Referência		
Importação de Serviços = 9,30E09 €	[17]		
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 1,27E12 sej/€	[13]	15,24E24	1,27E12 sej/€

16) Bens

	Referência		
Importação de Bens = 5,87E10 €	[17]		
	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 1,27E12 sej/€	[13]	15,24E24	1,27E12 sej/€

Exportação de Recursos

17) Combustíveis

	Referência
Derivados de Petróleo = 1,49E17 J	[10]

18) Metais

	Referência
Metais = 4,5E11 g	[12]

19) Minerais

	Referência
Minerais não metálicos = 1,77E12 g	[12]
Nitrogénio = 4,19E10 g	[12]
Fosfatos = 1,45E10 g	[12]
Potássio = 1,17E10 g	[12]

20) Serviços

	Referência
Exportação de Serviços = 1,42E10 €	[17]

	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 3,66 E12 sej/€	Calculado	15,24E24	3,66 E12 sej/€

21) Bens

	Referência
Exportação de Bens = 4,03E10 €	[17]

	Referência	Baseline Emergia (sej/ano)	Transformidade normalizada
Transformidade = 3,66 E12 sej/€	Calculado	15,24E24	3,66 E12 sej/€

REFERÊNCIAS

1. Odum, H.T., *Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making* 1996, New York: John Wiley & Sons. 384.
2. Estatística, I.N.d. *Website do Instituto Nacional de Estatística*. 2012; Available from: www.ine.pt.
3. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Emery Analysis and Environmental Accounting*, in *Encyclopedia of Energy*, J.C. Editor-in-Chief: Cutler, Editor 2004, Elsevier: New York. p. 329-354.
4. Meteorologia, I.d., *Análise Climatológica da Década 2000-2009*, Instituto de Meteorologia.
5. Lomas, P.L., et al., *Environmental accounting as a management tool in the Mediterranean context: The Spanish economy during the last 20 years*. Journal of Environmental Management, 2008. **88**(2): p. 326-347.
6. Odum, H.T., M.T. Brown, and S. Brandt-Williams, *Folio #1 - Introduction and Global Budget*, in *Handbook of Emery Evaluation - A Compendium of Data for Emery Computation Issued in a Series of Folios*, U.o. Florida, Editor 2000.
7. Instituto Água, I.P., *Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira*, 2009.
8. Dias, J.M.A., *Dinâmica Sedimentar e Evolução Recente da Plataforma Continental Portuguesa Setentrional*, 1987, Universidade de Lisboa: Lisboa.
9. Portugal, I.H., *Website do Instituto Hidrográfico Portugal*. 2012.
10. Geologia, D.G.d.E.e. *Website de Direção Geral de Energia e Geologia*. Available from: <http://www.dgeg.pt/>.
11. Sweeney, S., et al. *Creation of a Global Emery Database for Standardized National Emery Synthesis*. in *Emery Synthesis 4: Proceeding of the 4th Biennial Emery Research Conference*. 2007. Gainesville.
12. Geologia, D.G.d.E.e., *Indústria Extractiva - Informação Estatística nº12-2008*, 2008.
13. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Understanding the global economic crisis: A biophysical perspective*. Ecological Modelling, 2011. **223**(1): p. 4-13.
14. Bastianoni, S.B., et al., *The solar transformity of oil and petroleum natural gas*. Ecological Modelling, 2005. **186**(2): p. 212-220.
15. Pulselli, R.M., et al., *Emery analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability*. Energy and Buildings, 2007. **39**(5): p. 620-628.
16. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Updated evaluation of exergy and emery driving the geobiosphere: A review and refinement of the emery baseline*. Ecological Modelling, 2010. **221**(20): p. 2501-2508.
17. European Union. *Eurostat Website*. 2013 [cited 2012 June 2012]; Available from: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database.

ANEXO V. CATÁLOGO DE INDICADORES DE DESEMPENHO

Perspetiva: Sustentabilidade	Número/Nome do Indicador: S01 – Nível de competência dos diplomados para enfrentar o desafio do desenvolvimento sustentável	Responsável: <i>nome</i>
Estratégia: Tornar o conceito “sustentabilidade” central na atividade da organização.		Objetivo: Perceber o efeito do aumento da introdução do conceito sustentável nos currícula universitários.
Descrição: o indicador pretende avaliar o nível de conhecimento e competências que o graduado adquiriu ao longo do processo de aprendizagem sobre o desafio do desenvolvimento sustentável. O inquérito de avaliação é composto por um conjunto de questões que serão avaliadas pelo aluno entre um gama de valores (1-5).		
Lead/Lag:	Frequência: anual	Unidade: adimensional
Polaridade: positiva		
Fórmula: média dos valores atribuídos às respostas do questionário		
Fonte da informação: inquérito		
Qualidade da informação: o inquérito pretende obter uma <u>avaliação subjetiva</u> da percepção que os graduados têm das suas competências.		Coletor de informação: <i>nome</i>
Baseline: valor do indicador no início da avaliação		

Perspetiva: Sustentabilidade	Número/Nome do Indicador: S02 – Energia nos edifícios	Responsável: <i>nome</i>
Estratégia: Tornar o conceito “sustentabilidade” central na atividade da organização.		Objetivo: Melhorar o desempenho energético
Descrição: o indicador pretende avaliar o consumo de recursos energéticos na utilização dos edifícios, construídos até 2010, em relação aos recursos consumidos na sua construção.		
Lead/Lag:	Frequência: anual	Unidade: adimensional
Polaridade: negativa		
Fórmula: $\text{Energia nos Edifícios} = \frac{\text{Energia}_{\text{utilização}} + \text{Energia}_{\text{construção}}}{\text{Área total dos Edifícios}}$		
Fonte da informação: Análise energética à organização		
Qualidade da informação: Boa		Coletor de informação: <i>nome</i>
Baseline: valor do indicador no início da avaliação		

Perspetiva: Sustentabilidade		Número/Nome do Indicador: S03 – Taxa de contribuição emergética		Responsável: <i>nome</i>	
Estratégia: Tornar o conceito “sustentabilidade” central na atividade da organização.			Objetivo: Melhorar o desempenho emergético da organização		
Descrição: o indicador pretende avaliar a contribuição da economia para o funcionamento da organização em relação ao que a organização retribui para a sociedade.					
Lead/Lag:		Frequência: anual		Unidade: %	
				Polaridade: negativa	
Fórmula: $\text{Taxa de contribuição emergética} = \frac{\text{Recursos importados à economia}}{\text{alunos exportados para a sociedade}} \times 100$					
Fonte da informação: Análise emergética à organização					
Qualidade da informação: boa qualidade			Coletor de informação: <i>nome</i>		
Baseline: valor do indicador no início da avaliação					

Perspetiva: Sustentabilidade		Número/Nome do Indicador: S04 – Relação emergética no ensino		Responsável: <i>nome</i>	
Estratégia: Tornar o conceito “sustentabilidade” central na atividade da organização.			Objetivo: Melhorar o desempenho emergético		
Descrição: o indicador pretende avaliar a relação entre o potencial do conhecimento dos professores e dos alunos.					
Lead/Lag:		Frequência: anual		Unidade: adimensional	
				Polaridade: positiva	
Fórmula: $\text{Taxa de contribuição emergética} = \frac{\text{Informação Professores}}{\text{Informação alunos}}$					
Fonte da informação: Análise emergética à organização					
Qualidade da informação: boa qualidade			Coletor de informação: <i>nome</i>		
Baseline: valor do indicador no início da avaliação					

Perspetiva: Sustentabilidade	Número/Nome do Indicador: S05 – Percentagem do orçamento proveniente do orçamento de estado	Responsável: nome	
Estratégia: Tornar o conceito “sustentabilidade” central na atividade da organização.		Objetivo: Diminuir a dependência de financiamento público	
Descrição: o indicador pretende avaliar o grau de dependência do funcionamento da organização face ao orçamento de estado.			
Lead/Lag:	Frequência: anual	Unidade: %	Polaridade: negativa
Fórmula: $\frac{\text{Receitas do orçamento de estado}}{\text{Receitas totais}} \times 100$			
Fonte da informação: Relatório de Contas da Universidade de Aveiro			
Qualidade da informação: boa qualidade		Coletor de informação: nome	
Baseline: valor do indicador no início da avaliação			

Perspetiva: Partes Interessadas	Número/Nome do Indicador: PI06 – Taxa de ocupação das vagas disponíveis	Responsável: nome	
Estratégia: Atrair estudantes e adequar a sua formação dos alunos às necessidades do mercado de trabalho.		Objetivo: Satisfação dos Estudantes	
Descrição: o indicador pretende avaliar o grau de atratividade da Universidade para os alunos que concorrem ao ensino superior.			
Lead/Lag:	Frequência: anual	Unidade: %	Polaridade: negativa
Fórmula: $\frac{\text{Vagas preenchidas}}{\text{Vagas Disponíveis}} \times 100$			
Fonte da informação: Serviços académicos da Universidade de Aveiro			
Qualidade da informação: boa qualidade		Coletor de informação: nome	
Baseline: valor do indicador no início da avaliação		Meta(s): valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.	
Justificação da Meta: explicação da definição das metas.		Iniciativas: Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.	

Perspetiva: Partes Interessadas		Número/Nome do Indicador: PI07 - Taxa de empregabilidade dos graduados da UA		Responsável: nome	
Estratégia: Atrair estudantes e adequar a sua formação dos alunos às necessidades do mercado de trabalho.			Objetivo: Atender às necessidades de formação da sociedade		
Descrição: o indicador pretende avaliar a utilidade do investimento da universidade para a sociedade em que a organização se insere. Deve incidir sobre a empregabilidade de diplomados um ano após a graduação.					
Lead/Lag:		Frequência: anual		Unidade: %	
				Polaridade: positiva	
Fórmula: (número de empregados no ano n / número de graduados no ano n-1) x 100					
Fonte da informação: inquérito					
Qualidade da informação: deve ser registado o número de respostas ao inquérito. Maior o número de respostas, maior a qualidade da informação.				Coletor de informação: nome	
Baseline: valor do indicador no início da avaliação			Meta(s): valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.		
Justificação da Meta: explicação da definição das metas.			Iniciativas: Indicar ações ou projetos que		

Perspetiva: Interna		Número/Nome do Indicador: PI08 – Número de cursos envolvidos		Responsável: nome	
Estratégia: Otimizar a utilização dos recursos que a organização dispõe.			Objetivo: Disseminar o conceito “desenvolvimento sustentável” nos curricula		
Descrição: o indicador pretende avaliar a abrangência que o conceito desenvolvimento possui na totalidade dos curricula dos cursos superiores lecionados na UA.					
Lead/Lag:		Frequência: anual		Unidade: %	
				Polaridade: positiva	
Fórmula: (número de cursos com pelo menos uma disciplina que aborda o problema do desenvolvimento sustentável/número total de cursos) x 100					
Fonte da informação: Direção de curso					
Qualidade da informação: a avaliação de uma “disciplina que aborda o problema do desenvolvimento sustentável” é um exercício subjetivo por parte do Diretor de Curso. Pode ser útil encontrar uma definição clara para a expressão.				Coletor de informação: nome	
Baseline: valor do indicador no início da avaliação			Meta(s): valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.		
Justificação da Meta: explicação da definição das metas.			Iniciativas: Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.		

Perspetiva: Interna		Número/Nome do Indicador: I09– Consumo de Eletricidade por área construída		Responsável: nome	
Estratégia: Otimizar a utilização dos recursos que a organização dispõe.			Objetivo: Otimizar o consumo de energia e água na operação da organização.		
Descrição: o indicador pretende avaliar a intensidade energética da organização em relação à área construída.					
Lead/Lag:		Frequência: anual		Unidade: kWh/m ²	
				Polaridade: negativa	
Fórmula: Consumo de eletricidade nos edifícios/Área total edifícios					
Fonte da informação: Serviços Técnicos					
Qualidade da informação: boa			Coletor de informação: nome		
Baseline: valor do indicador no início da avaliação			Meta(s): valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.		
Justificação da Meta: explicação da definição das metas.			Iniciativas: Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.		

Perspetiva: <i>Interna</i>		Número/Nome do Indicador: <i>I10 – Consumo de Gás Natural por área construída</i>		Responsável: <i>nome</i>	
Estratégia: <i>Otimizar a utilização dos recursos que a organização dispõe.</i>			Objetivo: <i>Otimizar o consumo de energia e água na operação da organização.</i>		
Descrição: <i>o indicador pretende avaliar a intensidade energética da organização em relação à área construída.</i>					
Lead/Lag:		Frequência: <i>anual</i>		Unidade: <i>kWh/m²</i>	
				Polaridade: <i>negativa</i>	
Fórmula: <i>Consumo de eletricidade nos edifícios/Área total edifícios</i> <i>Fator de conversão: 1000 m³ = 0,905 TEP</i>					
Fonte da informação: <i>Serviços Técnicos</i>					
Qualidade da informação: <i>boa</i>			Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>		
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>			Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>		
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>			Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>		

Perspetiva: <i>Interna</i>		Número/Nome do Indicador: <i>I11 – Consumo de água por área construída</i>		Responsável: <i>nome do responsável pelo resultado do indicador</i>	
Estratégia: <i>Otimizar a utilização dos recursos que a organização dispõe.</i>			Objetivo: <i>Otimizar o consumo de energia e água na operação da organização.</i>		
Descrição: <i>o indicador pretende avaliar a intensidade de utilização de água da organização em relação à área construída.</i>					
Lead/Lag:		Frequência: <i>anual</i>		Unidade: <i>m³/m²</i>	
				Polaridade: <i>negativa</i>	
Fórmula: <i>Consumo de água nos edifícios/Área total edifícios</i>					
Fonte da informação: <i>Serviços Técnicos</i>					
Qualidade da informação: <i>boa</i>			Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>		
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>			Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>		
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>			Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>		

Perspetiva: <i>Interna</i>		Número/Nome do Indicador: <i>I12 – Consumo de água por área de rega</i>		Responsável: <i>nome do responsável pelo resultado do indicador</i>	
Estratégia: <i>Otimizar a utilização dos recursos que a organização dispõe.</i>			Objetivo: <i>Otimizar o consumo de energia e água na operação da organização.</i>		
Descrição: <i>o indicador pretende avaliar a intensidade de utilização de água da organização em relação à área do Campus que necessita rega.</i>					
Lead/Lag:		Frequência: <i>anual</i>		Unidade: <i>m³/m²</i>	
				Polaridade: <i>negativa</i>	
Fórmula: <i>Consumo de água para rega/Área de rega</i>					
Fonte da informação: <i>Serviços Técnicos</i>					
Qualidade da informação: <i>boa</i>			Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>		
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>			Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>		
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>			Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>		

Perspetiva: <i>Interna</i>		Número/Nome do Indicador: <i>I13 – Resíduos gerados por pessoa</i>		Responsável: <i>nome do responsável pelo resultado do indicador</i>	
Estratégia: <i>Otimizar a utilização dos recursos que a organização dispõe.</i>			Objetivo: <i>Otimizar o consumo de energia e água na operação da organização.</i>		
Descrição: <i>o indicador pretende avaliar a quantidade de resíduos gerados no Campus, normalizado em relação ao número de pessoas que frequentam o mesmo</i>					
Lead/Lag:		Frequência: <i>anual</i>		Unidade: <i>ton (m3)</i>	
				Polaridade: <i>negativa</i>	
Fórmula: <i>Resíduos gerados (ton ou m3)/número de pessoas</i>					
Fonte da informação: <i>Serviços Técnicos</i>					
Qualidade da informação: <i>boa</i>			Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>		
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>			Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>		
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>			Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>		

Perspetiva: <i>Interna</i>		Número/Nome do Indicador: <i>I14 – Eficiência na “Produção de graduados”</i>		Responsável: <i>nome do responsável pelo resultado do indicador</i>	
Estratégia: <i>Otimizar a utilização dos recursos que a organização dispõe.</i>			Objetivo: <i>Melhorar o processo de formação de graduados.</i>		
Descrição: <i>o indicador pretende avaliar o tempo médio que o graduado demora a completar a sua formação. Deve fazer-se a desagregação por tipos de formação (Licenciatura, Mestrado, Mestrado Integrado, Doutoramento)</i>					
Lead/Lag:		Frequência: <i>anual</i>		Unidade: <i>anos</i>	
				Polaridade: <i>negativa</i>	
Fórmula: $(\sum \text{número de matrículas dos alunos graduados} / \text{número de graduados})$					
Fonte da informação: <i>Serviços Académicos</i>					
Qualidade da informação: <i>boa</i>			Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>		
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>			Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>		
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>			Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>		




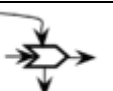

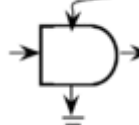
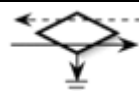


Perspetiva: <i>Interna</i>		Número/Nome do Indicador: <i>I15 – Número de artigos publicados</i>		Responsável: <i>nome do responsável pelo resultado do indicador</i>	
Estratégia: <i>Otimizar a utilização dos recursos que a organização dispõe.</i>			Objetivo: <i>Melhorar o processo de publicação de documentos científicos.</i>		
Descrição: <i>o indicador pretende avaliar número de artigos publicados decorrentes da atividade científica da universidade</i>					
Lead/Lag:		Frequência: <i>anual</i>		Unidade: <i>publicações</i>	
				Polaridade: <i>positiva</i>	
Fórmula: <i>número de publicações</i>					
Fonte da informação: <i>Gabinete de Planeamento Estratégico</i>					
Qualidade da informação: <i>boa</i>			Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>		
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>			Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>		
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>			Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>		

Perspetiva: <i>Conhecimento e Competência</i>		Número/Nome do Indicador: <i>CP16 – Número de alunos diretamente envolvidos</i>		Responsável: <i>nome do responsável pelo resultado do indicador</i>	
Estratégia: <i>Maximizar os recursos humanos disponíveis e a sua competência.</i>			Objetivo: <i>Rentabilizar os recursos humanos disponíveis</i>		
Descrição: <i>o indicador pretende avaliar o aproveitamento que a organização faz dos alunos na implementação da sua política para a sustentabilidade</i>					
Lead/Lag:		Frequência: <i>anual</i>		Unidade: <i>alunos</i>	
				Polaridade: <i>positiva</i>	
Fórmula: <i>número de alunos</i>					
Fonte da informação: <i>Serviços Técnicos</i>					
Qualidade da informação: <i>boa</i>			Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>		
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>			Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>		
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>			Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>		

Perspetiva: <i>Conhecimento e Competência</i>	Número/Nome do Indicador: <i>CP17 – Nível de envolvimento dos colaboradores da UA</i>	Responsável: <i>nome do responsável pelo resultado do indicador</i>	
Estratégia: <i>Maximizar os recursos humanos disponíveis e a sua competência.</i>		Objetivo: <i>Rentabilizar os recursos humanos disponíveis</i>	
Descrição: <i>o indicador pretende avaliar o conhecimento que os colaboradores da organização têm da Política para a Sustentabilidade da organização e, em consequência, avaliar a comunicação interna que é feita nesse sentido.</i>			
Lead/Lag:	Frequência: <i>anual</i>	Unidade: <i>adimensional</i>	Polaridade: <i>positiva</i>
Fórmula: <i>média dos valores atribuídos às questões do inquérito</i>			
Fonte da informação: <i>inquérito</i>			
Qualidade da informação: <i>o inquérito pretende obter uma <u>avaliação subjetiva</u> da perceção que os colaboradores têm da implementação da Política para a Sustentabilidade.</i>		Coletor de informação: <i>nome da pessoa responsável pela recolha da informação necessária para construir o indicador</i>	
Baseline: <i>valor do indicador no início da avaliação</i>		Meta(s): <i>valor expectável para o indicador, de acordo com um calendário.</i>	
Justificação da Meta: <i>explicação da definição das metas.</i>		Iniciativas: <i>Indicar ações ou projetos que estão ou vão estar em curso para alcançar as metas propostas para este indicador.</i>	

ANEXO VI. GRAMÁTICA EMERGÉTICA

TABELA AVI - 1. SIMBOLOGIA SISTEMAS ENERGÉTICOS

	Fluxo de energia ou materiais
	Fonte: fluxo de entrada que atravessa a fronteira do sistema. Estes podem ser fluxos de energia, materiais, informação, serviços.
	Sumidouro de calor: representa a transformação de energia disponível em energia degradada e não disponível.
	Interação: processo que combina diferentes tipos de fluxo de energia e de materiais.
	Consumidor: unidades que utilizam os produtos fabricados pelos produtores
	Produtor: unidade que faz produtos a partir de energia e materiais primários
	Transação: troca de fluxos, normalmente de dinheiro por energia, materiais ou serviços prestados.
	Depósito: é um lugar onde a energia se armazena
	Fronteira: limita a fronteira do sistema

Termos e Definições:

- Energia solar: Unidade de avaliação, que pode ser definida como a energia solar disponível que foi anteriormente utilizada, direta ou indiretamente, no trabalho realizado para produzir um produto ou serviço.
- Transformidade: Fator de conversão necessário para converter os fluxos de um processo, incluindo (diferentes tipos) energia inerente a diferentes materiais e serviços, em energia. A Transformidade pode ser definida como sendo a energia solar requerida para fazer um Joule de um produto ou serviço (energia por unidade de energia, i.e, sej/J).

- c) Fluxo de entrada: Fluxo de recursos externos e internos ao sistema e que contribuem para o processo em que resulta(m) o(s) output(s) do sistema.
- d) Fluxo externo: Entrada de recursos externos ao sistema e que atravessam a fronteira contribuindo para o processo global do sistema. Incluem recursos ambientais, combustíveis, minerais, dinheiro, bens e serviços.
- e) Fluxo interno: Depósitos, processos e componentes internos à fronteira do sistema e que contribuem para o processo global do sistema.
- f) Fronteira do sistema: A fronteira do sistema estabelece o limite de análise do sistema, diferenciando os componentes internos dos fluxos externos ao sistema.
- g) Emvalor: O poder de compra do dinheiro numa economia pode ser calculado dividindo a energia total utilizada pelo dinheiro que circula na mesma economia (Rácio Energia/Dinheiro). Deste modo, se um fluxo de energia é responsável por uma porção da riqueza criada num sistema económico, podemos inferir que esta proporção do poder de compra no sistema se deve a esse fluxo energético.

ANEXO VII. LISTA DE TRANSFORMIDADES UTILIZADAS NOS CÁLCULOS

Item	Transformidade (Orçamento de Referência – 15E24 sej/ano)				
	Valor	Fonte	Notas	Média	Variância
Gás Natural	7,73E04 sej/J	[1]	O valor de Tr não inclui os serviços de extração e transporte.	1,05E05 sej/J	3,34E09 sej/J
	1,71E05 sej/J	[2]			
	6,57E04 sej/J	[3]			
Eletricidade	2,73E05 sej/J	Calculado neste trabalho	Calculado a partir do Fator de Conversão SGCIE para o sistema “Portugal”, ano 2007.	-	8,49E05 sej/J
	2,56E05 sej/J	[4]	Calculado a partir de diferentes formas de produção de eletricidade.	1,87E05 sej/J	5,68E09 sej/J
	1,07E05 sej/J	[5]			
	1,99E05 sej/J	[6]			
Derivados Petróleo	-	[3]	-	1,08E05 sej/J	8,49E05 sej/J
Petróleo	8,70E04 sej/J	[4]	O valor de Tr não inclui os serviços de extração e transporte.	1,09E05 sej/J	1,17E09 sej/J
	9,09E04 sej/J	[3]			
	1,48E05 sej/J	[2]			
Carvão	5,47E04 sej/J	[4]	O valor de Tr não inclui os serviços de extração e transporte.	7,17E04 sej/J	3,33E08 sej/J
	6,92E04 sej/J	[4]			
	9,10E04 sej/J	[2]			
Água	3,79E05 sej/J	[7]	O valor de Tr inclui os serviços de extração e transporte.	-	-
Edifícios	2,03E15 sej/m3	[6]	Valor típico da construção mediterrânica.	-	-

Item	Transformidade				
	Valor	Fonte	Notas	Média	Variância
Universitário	1,30E08 sej/J	Calculado neste trabalho	Valor para a economia portuguesa, em 2007	-	6,61E13 sej/J
Docentes Doutorados & Investigadores	9,54E09 sej/J	Calculado neste trabalho	Valor para a economia portuguesa, em 2007	-	3,55E17 se/J
Docentes Licenciados	1,52E08 sej/J	Calculado neste trabalho	Valor para a economia portuguesa, em 2007	-	1,19E14 se/J
Chuva – Energia Química	2,93E04 sej/J	[1]	-	-	-
Chuva – Energia Geopotencial	4,51E04 sej/J	[1]	-	-	-
Ondas	4,90E03 sej/J	[1]	-	-	-
Marés	7,10E04 sej/J	[1]	-	-	-
Ciclo da Terra	5,57E04 sej/m3	[1]	-	-	-
Pesca	5,41E06 sej/€	[4]	-	-	-
Madeira e Derivados	5,62E04 sej/J	[4]	-	4,72E04 sej/J	1,67E08 sej/J
	3,80E04 sej/J	[8]	-		

Item	Transformidade				
	Valor	Fonte	Notas	Média	Variância
Cobre	3,10E09 sej/g	[5]	-	5,26E10 sej/g	4,89E21 se/g
	1,02E11 sej/g	[8]	-		
Ferro	2,71E09 sej/g	[4]	-	7,56E09 sej/g	4,69E19 sej/g
	1,24E10 sej/g	[8]	-		
Zinco	7,46E10 sej/g	[8]	-	3,87E10 sej/g	2,58E21 se/g
	2,71E09 sej/g	[4]	-		
Outros Metais	5,73E09 sej/g	[8]	Alumínio	1,68E11 sej/g	8,09E22 sej/g
	4,97E11 sej/g	[8]	Chumbo		
	2,71E09 sej/g	[4]	Outros		
Minerais e Nutrientes	2,71E09 sej/g	[4]	Minerais não metálicos	9,55E09 sej/g	2,29E19 sej/g
	6,75E09 sej/g	[4]	Nitrogénio		
	6,29E09 sej/g	[5]	fosfatos		
	1,28E10 sej/g	[9]			
Rácio Emergia/€	3,64E12 sej/€	Calculado neste trabalho	Valor para a economia portuguesa (2007)	-	6,92E12 sej/€
	1,27E12 sej/€	[10]	Valor para a economia mundial (2008)	-	-

Item	Transformidade				
	Valor	Fonte	Notas	Média	Variância
Alunos Formados	4,58E17 sej/aluno	Calculado neste trabalho	Valores para a UA, no ano 2010	-	4,43E32 sej/aluno
Publicações	9,52E17 sej/paper			-	1,47E33 sej/paper
Serviços Prestados	1,25E14 sej/€			-	1,80E24 sej/€

Referências

1. Odum, H.T., M.T. Brown, and S. Brandt-Williams, *Folio #1 - Introduction and Global Budget*, in *Handbook of Emergy Evaluation - A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios*, U.o. Florida, Editor 2000.
2. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Updated evaluation of exergy and emergy driving the geobiosphere: A review and refinement of the emergy baseline*. Ecological Modelling, 2010. **221**(20): p. 2501-2508.
3. Bastianoni, S.B., et al., *The solar transformity of oil and petroleum natural gas*. Ecological Modelling, 2005. **186**(2): p. 212-220.
4. Odum, H.T., *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making* 1996, New York: John Wiley & Sons. 384.
5. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Emergy Analysis and Environmental Accounting*, in *Encyclopedia of Energy*, J.C. Editor-in-Chief: Cutler, Editor 2004, Elsevier: New York. p. 329-354.
6. Pulselli, R.M., et al., *Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability*. Energy and Buildings, 2007. **39**(5): p. 620-628.
7. Tezzi, E., *Implementazione di un sistema di Contabilità Ambientale su scala provinciale e intercomunale*, in *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi* 2001, Università degli Studi di Siena.
8. Sweeney, S., et al. *Creation of a Global Emergy Database for Standardized National Emergy Synthesis*. in *Emergy Synthesis 4: Proceeding of the 4th Biennial Emergy Research Conference*. 2007. Gainesville.
9. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Understanding the global economic crisis: A biophysical perspective*. Ecological Modelling. **In Press, Corrected Proof**.
10. Brown, M.T. and S. Ulgiati, *Understanding the global economic crisis: A biophysical perspective*. Ecological Modelling, 2011. **223**(1): p. 4-13.